

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL



Métodos de análise de variância e regressão na avaliação do desenvolvimento da doença periodontal

Rute Alexandra Silvestre Does

Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e Gestão

Trabalho de Projeto orientado por:
Professor Doutor Rui Martins
Professora Doutora Teresa Alpuim

Agradecimentos

Agradeço todo o esforço dos meus pais, pois sempre me apoiaram e sem eles não seria possível chegar onde cheguei.

Agradeço ao meu orientador Professor Rui Martins que tem sido muito atencioso e sempre teve muita paciência para me ajudar.

Agradeço à Professora Teresa Alpuim, pois o seu apoio foi fundamental para alcançar esta etapa.

Agradeço ao meu namorado Miguel Ramos por todo o apoio e dedicação ao longo destes dois anos de mestrado.

Agradeço ao meu primo Alexandre Ferreira que sempre me apoiou e ajudou em tudo da minha vida seja pessoal como universitária.

Por fim, agradeço aos meus queridos amigos que para mim são a minha segunda família: Ângela Gouveia, Gonçalo Lontro, Henrique Ramos, Teresa Koch e Inês Oliveira pois sempre estiveram lá para me apoiar e motivar para nunca desistir.

Obrigado!

Rute Dorés

Resumo

A doença periodontal engloba um grupo de condições inflamatórias determinadas pela destruição progressiva do periodonto. Esta doença afeta a gengiva e os tecidos dentários de suporte, sendo classificada como gengivite, inflamação reversível da gengiva marginal, e periodontite, quando existe destruição de estruturas que suportam o dente. Um dos principais agentes de desencadeamento dessa patologia é a placa bacteriana. Para o sucesso do tratamento da doença periodontal é importante um diagnóstico precoce.

Com o rápido envelhecimento da população mundial, sobretudo em Portugal, cuja taxa de envelhecimento tem vindo a aumentar consideravelmente, a melhoria das condições de vida e da prestação dos cuidados de saúde levou a que nos dias de hoje exista uma maior durabilidade da dentição natural e, consequentemente, uma diminuição das patologias orais. Contudo, mesmo com uma maior sensibilização para a saúde oral, a prevalência de patologias orais nos idosos é ainda considerada significativa.

A avaliação da doença periodontal e da sua progressão é determinada por meio de observações local a local (figura 1). Os dados periodontais são complexos e estruturados em vários níveis, no entanto iremos avaliar duas medidas envolvidas: o nível de perda de aderência clínica (CAL) e o nível de profundidade clínica (PD), em que o CAL é medida que mede a distância vertical entre a junção cimento-esmalte e o ponto mais baixo usando uma sonda periodontal em escala ordinal, é a medida mais popular para avaliar gravidade da doença periodontal. As medidas obtidas de um paciente específico são intrinsecamente agrupados dentro da boca e locais de dentes proximais têm um CAL semelhante em comparação com locais que estão mais distantes. Já o PD é a distância do fundo de sulco até a margem gengival. Ambas são medidas em seis pontos em torno de cada dente (mésio-vestibular, disto-vestibular, mésio-lingual, disto-lingual, meio-vestibular ou médio-lingual). As observações são recolhidas ao nível do paciente, logo não são independentes.

Usando a Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas, analisaram-se 51 pacientes, dos quais 40 são do sexo masculino e 11 do sexo feminino. Estes dados foram recolhidos em quatro momentos. Um primeiro antes de iniciar o tratamento e posteriormente em outros três, ao longo de um período de 4 consultas. A idade de todos os pacientes é superior a 30 anos.

Palavras chave: Doença Periodontal, ANOVA de medidas repetidas, tratamento da doença periodontal

Abstract

Periodontal pathology includes a group of inflammatory conditions that are determined by the progressive destruction of the periodontium. This medical condition affects the gums and the supporting dental tissues, being classified as gingivitis, reversible inflammation of the marginal gingiva and periodontitis, when the supporting structure of the teeth is destroyed. One of the main causes of the development of this pathology is dental plaque and in order to achieve better results of treatment, it is crucial to do an early diagnosis.

Due to the increasing ageing of the world population, especially in Portugal where there is a high ageing rate, the improvement of the quality of life and a better access to healthcare, led to a higher durability of the original teeth, causing therefore a decrease of oral pathologies. Nonetheless, the prevalence of oral pathologies in the elderly is substantially high.

The evaluation of the periodontal disease and its progression is determined by local to local observations (image 1). The periodontal data is complex and structured in several levels, however there'll be the evaluation the two involved levels, the clinical attachment level (CAL) and the Probin Depth (PD), where the CAL is what measures the vertical distance between the junction cement-enamel and the lower point, using a periodontal plumb in ordinal scale, which is the most known measurement to evaluate the periodontal disease. The obtained measurements of a specific patient are gathered inside the mouth and locals of proximal teeth have similar CAL values when compared to locals that are more distant. Concerning the PD, it is the distance of groove bottom until the gingival margin. Both are measured in six points (distal-vestibular, medial-vestibular, mesio-vestibular, distal-lingual, medial-lingual and mesio-lingual). The observations are evaluated based on the patient, therefore not independent.

Using repeated measures analysis of variance (ANOVA), 51 patients were analyzed, 40 of whom are male and 11 are female. These data were collected in four moments. One, just before the treatment starting and then three other times after the treatment of the disease, over a period of 4 visits. All patients are over 30 years old.

Key Words: Periodontal disease, Repeated measures ANOVA, Treatment of periodontal disease

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice das Tabelas	vii
Índice de Figuras	viii
Siglas.....	ix
Introdução.....	1
1. Doença Periodontal.....	2
1.1. Contextualização e definição	2
1.2. Fatores de Risco determinantes.....	3
1.2.1. Fatores Sistémicos	4
• Idade.....	4
• Género.....	4
1.3. Tratamento da Periodontite	4
1.4. Doença Periodontal em Portugal.....	5
2. Métodos Estatísticos	7
2.1. Análise de Variância ou ANOVA.....	7
2.2. O modelo linear ANOVA a um fator	7
2.3. Comparações Múltiplas.....	11
2.4. ANOVA MEDIDAS REPETIDAS.....	12
3. Aplicação	18
3.1. Caracterização e objetivo do estudo base.....	18
3.2. Análise Descritiva e exploratória dos dados.....	18
3.3. Análise descritiva dos dados da medida CAL.....	19
3.3.1. Distribuição das médias da CAL	20
3.3.2. Distribuição do Nível de perda de aderência clínica	21
3.3.3. Distribuição das frequências do Nível de perda de aderência clínica por género ...	21
3.4. Análise descritiva dos dados da medida PD	22
3.4.1. Distribuição das médias da PD	22
3.4.2. Distribuição da profundidade de sondagem	23
3.4.3. Distribuição da profundidade de sondagem por género	24
4. Análise de dados	25
4.1. Análise do CAL em função do tempo	25
4.1.1. Análise do Cal em função do tempo, idade e sexo.....	28
4.2. Análise do PD em função do tempo.....	33

4.2.1. Análise do PD em função do tempo acrescentando as covariáveis idade e sexo	36
Discussão	42
Bibliografia	43

Índice das Tabelas

Tabela 1.1- Tabela Anova um fator	10
Tabela 2.2- Exemplo de tabela medidas repetidas	13
Tabela 2.3-Tabela ANOVA de Medidas Repetidas	14
Tabela 3.4-Análise de dados da CAL.....	19
Tabela 3.5-Estatística Descritiva da medida PD	22
Tabela 4.6- Fatores dentro sujeitos	25
Tabela 4.7- Teste de esfericidade de Mauchly.....	25
Tabela 4.8-Teste de efeitos dentro sujeitos.....	26
Tabela 4.9- Comparações por Método Pairwise	27
Tabela 4.10-Teste de efeitos entre sujeitos.....	27
Tabela 4.11-Fatores entre sujeitos.....	28
Tabela 4.12-Teste de caixa de igualdade de matrizes de covariância	28
Tabela 4.13-Testes multivariados com a variável sexo e a variável idade.....	29
Tabela 4.14- Teste de esfericidade de Mauchly.....	29
Tabela 4.15-Testes de efeitos dentro dos sujeitos	30
Tabela 4.16-Comparações por Método Pairwise.....	31
Tabela 4.17-Testes de efeitos entre sujeitos	31
Tabela 4.18- Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene	32
Tabela 4.19-Fatores dentro sujeitos da variável PD	33
Tabela 4.20-Teste de esfericidade de Mauchly.....	33
Tabela 4.21-Testes de efeitos dentro sujeitos	34
Tabela 4.22-Comparações por Método Pairwise	35
Tabela 4.23-Testes de efeitos entre sujeitos	35
Tabela 4.24-Fatores Dentro-sujeitos.....	36
Tabela 4.25-Fatores entre sujeitos.....	36
Tabela 4.26-Teste de caixa de igualdade de matrizes de covariância	36
Tabela 4.27-Testes Multivariados com variável sexo e idade	37
Tabela 4.28- Teste de esfericidade de Mauchly.....	38
Tabela 4.29- Testes de efeitos dentro sujeitos com v.a sexo e v.a idade	39
Tabela 4.30-Comparações por Método Pairwise.....	40
Tabela 4.31- Testes de efeitos entre sujeitos com v.a sexo e v.a idade	40
Tabela 4.32-Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene	41

Índice de Figuras

Figura 1.1- Constituintes do periodonto: (1)gengiva;(2) ligamento periodontal;(3)osso alveolar propriamente dito; (4) cimento; (5) osso alveolar . Retirada e adptada de livro: “Clinical Periodontology and Implant Dentistry” 5ª Edição Lindhe, (2008).....	3
Figura 1.2- Divisão da arcada em sextantes.....	6
Figura 3.3- Histograma de idades.....	19
Figura 3.4- Comparação de médias da medida cal	20
Figura 3.5- Spaghetti Plot.....	20
Figura 3.6- Distribuição do Nível de perda de aderência clínica.....	21
Figura 3.7-Distribuição das frequências do nível de aderência clínica e gênero	21
Figura 3.8-Comparação de Médias da medida PD.....	22
Figura 3.9-Spaghetti Plot da medida PD	23
Figura 3.10- Distribuição da profundidade de sondagem por paciente	23
Figura 3.11- Distribuição da profundidade de sondagem por gênero	24

Siglas

ANOVA – Análise de Variância

CAL – Perda de aderência clínica

PD – Profundidade de Sondagem

SST: Variabilidade total das observações X_{ij} em relação à média global \bar{X} .

SSE: Variabilidade das observações entre grupos

SSD: Variabilidade das observações dentro dos grupos

DP: Doença Periodontal

Introdução

Ao longo da História os seres humanos têm tido doenças gengivais ou periodontais, sendo que a doença periodontal afeta cerca de 95% dos indivíduos, o que a torna uma das doenças crônicas mais comuns na população, abrangendo desde crianças até idosos.

A doença periodontal é de desenvolvimento muito localizado cujos processos infecciosos levam à destruição do tecido. No caso da periodontite, o processo em si afeta o ligamento periodontal e o osso alveolar. Já no caso da gengivite, o processo inflamatório é apenas limitado à gengiva. (Newman 2015)

Pode-se avaliar a progressão da doença por meio de medições local a local (ver figura 1) sendo que, esta progressão pode variar para diferentes locais do dente sendo afetada pelas propriedades do dente. Posto isto, deve-se fazer um plano de tratamentos de Periodontologia, para poder estabilizar a doença.

Na avaliação da progressão da doença estão dois níveis envolvidos, o nível de perda de aderência e o nível de profundidade clínica. As observações são recolhidas ao nível do paciente, logo não são independentes.

O objetivo deste estudo é perceber se, em média, ao longo das 4 consultas, os valores observados para o (perda de aderência clínica) CAL e para o (profundidade de sondagem) PD diferem e se evoluem no sentido de progressão ou melhoria da doença. Para concretizar este estudo foi recolhida uma amostra de 51 pacientes e utilizado o modelo estatístico ANOVA de medidas repetidas, o qual permite avaliar diferenças entre médias de variáveis relacionadas e medidas ao longo de um período de tempo.

Numa primeira parte abordaremos a teoria da ANOVA e a ANOVA de medidas repetidas, procurando clarificar estes conceitos, e através de revisão bibliográfica aprofundar a teoria para fundamentação da metodologia usada no nosso estudo. Em seguida será realizada a parte da análise estatística descritiva dos dados, onde será explicado o estudo, as variáveis selecionadas e a caracterização da amostra

A segunda parte é dedicada à aplicação da ANOVA ao nosso estudo sendo que esta segunda parte esta dividida em duas análises: (perda de aderência clínica) só a medida CAL, e em seguida a medida CAL com a inclusão das variáveis sexo e idade de modo a verificar se são variáveis significativas na doença periodontal. A segunda parte refere-se à medida do PD (profundidade de sondagem), onde também se avaliou sem as covariáveis e depois com a inclusão de duas covariáveis - sexo e idade.

Por fim, serão apontadas as conclusões mais pertinentes do estudo.

1. Doença Periodontal

1.1. Contextualização e definição

A doença periodontal é uma doença definida como sendo uma patologia inflamatória e infecciosa que afeta a gengiva, bem como os tecidos de suporte do dente, os quais com a evolução do tempo serão destruídos. (Pihlstrom, 2005)

Esta doença classifica-se em Periodontite e Gengivite; A gengivite é reversível através de um controlo adequado do fator etiológico, sendo que está restrito à gengiva. (Pihlstrom, 2005).

Os sinais clínicos da doença periodontal são (Armitage , 2003)

- hemorragia gengival;
- retração gengival;
- mobilidade dentária;
- halitose;
- formação de abscessos;
- formação de bolsa periodontal;
- perda de osso;
- e nos casos mais severos, perda espontânea do dente.

No sexo masculino a doença é mais prevalente, sendo o topo da sua incidência em pessoas com 60 anos de idade, sendo que afeta cerca de 15% a 20% da população na sua forma mais severa. Verifica-se nos países mais desenvolvidos uma maior prevalência desta patologia (Pihlstrom, 2005).

Geralmente é obtido um diagnóstico da doença através de um exame clínico específico por intermédio da sondagem periodontal. A profundidade de sondagem e a medição da perda de inserção é obtida pelo meio de uma sonda periodontal. Este é o método mais prático para aceder ao estado periodontal, e é importante para se conseguir avaliar clinicamente a progressão da doença (Armitage , 2003).

A gengivite é a forma menos severa da doença periodontal, sendo esta classificada tendo em conta a sua severidade e as localizações envolvidas. Existem 3 níveis de severidade: temos o nível de carácter ligeiro, moderado ou severo. Estes níveis são avaliados consoante o grau de inflamação dos tecidos gengivais. A doença pode caracterizar-se como localizada, quando afeta menos de 30%, ou generalizada quando afeta mais de 30% de localizações afetadas (Armitage , 2003).

Já a periodontite, diferencia-se entre agressiva e crónica, as quais se distinguem tanto a nível da sua etiologia como da sua patogénese.

A mais comum é a periodontite crónica, pois está associada a depósitos substanciais de placa e cálculo, inflamação gengival, bolsas periodontais e perda de inserção, sendo a sua evolução lenta, no entanto pode haver pequenos períodos com uma destruição mais rápida.

Posto isto, pode-se dizer que a periodontite agressiva é menos comum, pois é mais frequente em jovens saudáveis, sendo os seus depósitos microbianos associados mais reduzidos e inconsistentes com a extensa destruição tecidual observada.

Tanto a periodontite crónica como a agressiva são também classificadas tendo em conta as localizações envolvidas, ou seja, a periodontite crónica é designada de localizada quando a doença é menor de 30% das localizações e de generalizada quando é superior a 30%, à semelhança da gengivite (Armitage , 2003).

Já a periodontite agressiva é chamada de localizada quando esta afeta apenas a áreas interproximais de, no máximo, dois dentes para além dos primeiros molares e incisivos permanentes, e esta é chamada de generalizada quando a destruição envolve, no mínimo, três dentes além dos incisivos e primeiros molares permanentes (Lang & et. al, Consensus Report: Aggressive Periodontitis, 1999)

A periodontite crônica é classificada igualmente em 3 níveis tal como a gengivite, e é obtida a classificação através da medição do nível de inserção clínico, usando uma sonda periodontal e medindo a distância desde a junção amelo cementaria até à base do sulco/bolsa num total de 6 localizações por dente. Já a periodontite ligeira abrange uma perda de inserção entre 1 e 2 mm, a moderada entre 3 e 4 mm e a severa encontra-se presente quando temos perdas de inserção ≥ 5 mm (Armitage , 2003).

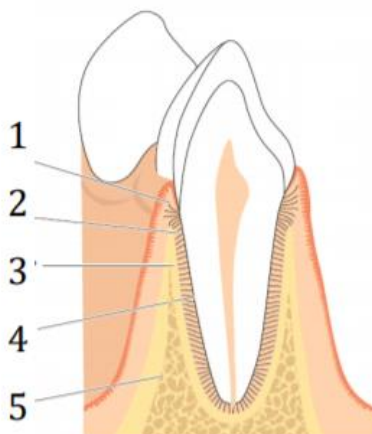


Figura 1.1- Constituintes do periodonto: (1)gengiva;(2) ligamento periodontal;(3)osso alveolar propriamente dito; (4) cimento; (5) osso alveolar . Retirada e adptada de livro: “Clinical Periodontology and Implant Dentistry” 5ª Edição Lindhe, (2008)

O tratamento da doença periodontal tem como objetivo a eliminação do biofilme bacteriano podendo ser, mecânico cirúrgico, não cirúrgico ou químico. O tratamento em si reduz a inflamação e a infecção nos tecidos periodontais de forma eficaz, e ainda melhora certas condições sistêmicas como a glicemia, metabolismo lipídico, entre outras (Huck & et. al., 2011).

A prevalência desta doença periodontal afeta 90% da população mundial, sendo a periodontite a principal causa de perda dentária nos adultos (Pihlstrom, 2005). Portanto, deve-se apostar na sua prevenção e intervir, proporcionando deste modo ao paciente um tratamento para evitar complicações futuras que resultam da doença. A prevenção baseia-se no controlo dos seus fatores causais e de risco, devendo aconselhar-se o paciente, informá-lo e instruí-lo acerca da sua higiene oral para uma remoção eficaz do biofilme bacteriano.

1.2. Fatores de Risco determinantes

Um indicador de risco na DP, é um fator que não tem, neste momento, uma relação biológica plausível como agente causal da doença. (Echeverría & et al, 2005)

Na DP são definidas como as características associadas com o desenvolvimento da doença, os locais envolvidos com tártaro, cárie dentária, obturações fracas, e uma má posição dentária. (Botero L & et al, 2008), (Machado & et al, 2009)

1.2.1. Fatores Sistêmicos

- **Idade**

O envelhecimento é um processo dinâmico de modificações morfológicas, funcionais e bioquímicas. Portanto, neste processo aumenta o risco de adquirir doenças e incapacidades que podem atingir qualquer parte do organismo. (Criado, 2013)

A população mundial tem sofrido um rápido envelhecimento nas últimas décadas, especialmente nos países desenvolvidos, acompanhado por um aumento na esperança média de vida. Os idosos constituem cerca de 34% da população portuguesa segundo (pordata, 2020).

No terceiro inquérito da NHANES-III, do inglês Third National Health and Nutrition Examination Survey (1994), sugeriu-se que a prevalência e severidade da periodontite aumenta com a idade, e esta severidade, apresenta-se com suscetibilidade para três fatores: infecção microbiológica, fatores extrínsecos e fatores intrínsecos. (Criado, 2013). Porém alguns estudos demonstram que a idade não é considerada um fator de risco, sendo considerado uma consequência dos efeitos acumulados ao longo dos anos. O envelhecimento como único fator não incrementa o risco da doença periodontal, mas é comum haver uma deficiência na higiene oral nos pacientes idosos (Criado, 2013). No entanto está ainda provado que existe uma ligação causal entre o aumento de problemas orais e a deterioração da dieta, e consequentemente uma degradação do estado geral da saúde. (Silva & Brito, 2010)

- **Género**

Na doença periodontal o género tem um papel importante. Alguns estudos epidemiológicos indicam uma maior prevalência de perda de inserção em homens (Botero L & et al, 2008). Contudo, (Machion & et al, 2000), comprovou que a doença periodontal quando presente em adolescentes, tende a ser mais severa no sexo feminino, porém após os 20 a 30 anos, apresenta-se mais severa no sexo masculino.

Portanto, as necessidades de tratamento periodontal, ou as profundidades das bolsas, ou a perda de inserção, não representam diferenças significativas quanto ao género. Logo as diferenças devido ao género na prevalência e gravidade da periodontite, relacionam-se mais até agora, com os hábitos de prevenção (Botero L & et al, 2008).

1.3. Tratamento da Periodontite

O tratamento periodontal tem como objetivo eliminar a infecção oportunista mantendo o periodonto dos dentes saudáveis. Posto isto, o seu tratamento é direcionado de modo a controlar e prevenir a doença. De modo a assegurar o sucesso deste tratamento, o paciente deve ter uma correta higiene oral e deve ter realizado alisamentos radiculares nas superfícies radiculares dos dentes (Rees & Hallmon).

1.3.1. Em que consiste o tratamento?

Este tratamento consiste na remoção mecânica do biofilme subgengival criando assim uma microflora compatível com a saúde periodontal. Os parâmetros usados de forma a avaliar o estado periodontal são nível de inserção clínica, profundidade de sondagem e a presença de hemorragia à sondagem, de modo a obter uma saúde periodontal melhor deve-se reduzir a profundidade de sondagem das bolsas, de forma a melhorar o nível de inserção periodontal e reduzir a incidência de hemorragia à sondagem. Esta doença pode ser tratada, com sucesso, através do tratamento periodontal não cirúrgico ou cirúrgico desde que o índice de placa esteja controlado. (Heitz-Mayfield, Trombelli, Heitz, Needleman, & Moles, 2002)

O tratamento da doença periodontal apresenta quatro fases de tratamento (Lang & Lindhe, Clinical Periodontology and Implant Dentistry (6a Edition), 2015)

1. Fases sistémica, como a motivação antitabágica;
2. Fase inicial ou higiénica, terapia relacionada com a causa;
3. Fase corretiva, como cirurgia periodontal e/ou tratamento endodôntico, cirurgia de implante, tratamento restaurador, ortodontia e/ou prótese;
4. Fase de manutenção, terapia periodontal de suporte (TPS);

Todos os pacientes com esta doença diagnosticada devem realizar um correto tratamento periodontal com principal objetivo de eliminar a infeção. Lindhe e Lang definiram objetivos para o tratamento da doença dos quais (Lang & Lindhe, Clinical Periodontology and Implant Dentistry (6a Edition), 2015):

1. Redução ou resolução da gengivite [hemorragia à sondagem (BoP – bleeding on probing)]: com o objetivo de se obter uma percentagem $\leq 25\%$ BoP;
2. Diminuição da profundidade de sondagem (PPD – pocket probing depths): com objetivo de não haver bolsas periodontais $\geq 5\text{mm}$;
3. Eliminação das furcas em dentes multirradiculares: o envolvimento da furca não deve ultrapassar 2-3 mm na direção horizontal;
4. Ausência de dor;
5. Estética e função satisfatórias.

1.4. Doença Periodontal em Portugal

Em 2006, após um inquérito nacional de saúde, as situações de urgência, e a extração dentária correspondiam respetivamente a 15,3% e 15,8% dos indivíduos que se encontravam em análise, sendo que na maioria dos casos as causas faziam parte das indicações de extração dentária depois da cárie eram dentes com compromisso periodontal. (Borja, 2012), (Inquérito Nacional de Saúde, 2009).

Em Portugal a epidemiologia da Doença Periodontal nunca teve uma atenção significativa, em geral, os periodontologistas tendem a focar a sua atividade no tratamento dos indivíduos e raramente investem na monitorização epidemiológica da população.

Em Portugal em 2010 o sistema sanitário de Portugal indicou que o índice Periodontal Comunitário (IPC) foi de 2,9% dos sextantes sãos, e que 38,9% dos indivíduos não faziam a higiene oral diária, posicionando Portugal nas mais baixas consumos de produtos de higiene oral. (Pérez & et al, 2014)

Índice Periodontal Comunitário

Este índice permite avaliar a condição periodontal da população e está definido numa escala de 0 a 4, sendo que os pacientes classificados com 0 não apresentam sinais da doença, e os pacientes classificados em 4 necessitam de um tratamento complexo.

Para a realização deste exame, a boca é dividida em sextantes e a sondagem é realizada em 6 pontos para cada dente, sendo que é considerado o score mais alto do sextante. (Figura 2)

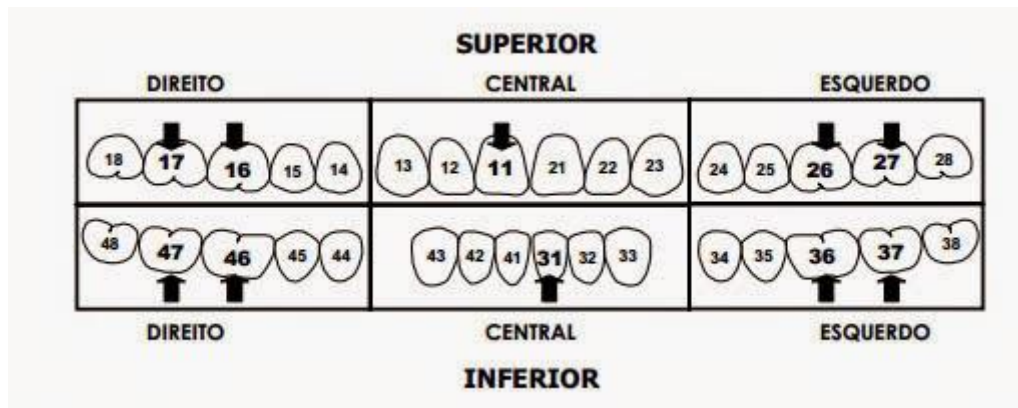


Figura 1.2- Divisão da arcada em sextantes

2. Métodos Estatísticos

2.1. Análise de Variância ou ANOVA

A Análise de Variância (ANOVA) tem como objetivo principal a comparação de grupos relativamente ao parâmetro de localização da distribuição. De forma a ilustrar, considera-se a seguinte situação:

- Pretende-se avaliar a eficácia de um tratamento na doença periodontal usando três tipos de material no tratamento:
 - Grupo 1: Com o material A
 - Grupo 2: Com o material B
 - Grupo 3: Com o material C

Estes materiais são distribuídos aleatoriamente por três grupos de indivíduos que sofrem da mesma doença.

Perguntas a que a Análise de Variância procura dar resposta: Poderá considerar-se que usando os três tipos de material os resultados são diferentes? Ou que o tratamento com o material A é mais eficaz do que o material B? Ou que o tratamento com o material B é mais eficaz do que o material C? Ou que o tratamento com o material A é mais eficaz do que o material C?

A resposta que se pretende obter pode ocorrer numa tomada de decisão relativa ao seguinte teste de hipóteses:

$$H_0: \mu_A = \mu_B = \mu_C \text{ vs } H_1: \text{pelo menos um par de médias difere entre si}$$

Dá o nome de Análise de Variância pois trata-se da comparação feita a partir da análise da dispersão presente de um conjunto de dados. Neste exemplo, pode-se ver que os grupos são classificados através de um só fator (tratamento em causa), logo dá-se o nome de Análise de Variância com um fator- one-way ANOVA. Só se poderá considerar este fator como sendo a causa das diferentes médias se se garantir a homogeneidade das populações em relação a todos os outros fatores que poderiam ser relevantes para a explicação do fenómeno.

Existem outras situações práticas em que existe dois fatores a influenciar os resultados das observações, a chamada Análise de Variância a dois fatores (two-way ANOVA).

2.2. O modelo linear ANOVA a um fator

A ANOVA a que aludimos acima pode ser vista como um modelo linear permitindo avaliar a relação entre uma variável resposta quantitativa e um fator. O modelo é escrito da seguinte forma:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad (2.2.1)$$

Em que o Y_{ij} ($i = 1, \dots, k$ e $j = 1, \dots, n_i$) representa a variável dependente, i representa o grupo e j representa a j -ésima observação no grupo; μ representa o nível geral da variável resposta na população; α_i representa o efeito do nível i ou o efeito do tratamento i e ε_{ij} é uma variável de erro que segue as suposições usuais do modelo linear - ou seja, os ε_{ij} são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância igual.

Ao analisar a equação (2.2.1), é fácil identificar a presença de um conjunto de k equações, servindo as observações de cada nível do fator:

- ✓ Para as n_1 observações feitas no nível $i=1$,

$$Y_{1j} = \mu + \alpha_1 + \varepsilon_{1j} \quad j = 1, \dots, n_1 \quad (2.2.2)$$

✓ Para as n_2 observações feitas no nível $i=2$,

$$Y_{2j} = \mu + \alpha_2 + \varepsilon_{2j} \quad j = 1, \dots, n_2 \quad (2.2.3)$$

...

✓ Para as observações k feitas no nível $i=k$,

$$Y_{kj} = \mu + \alpha_k + \varepsilon_{kj} \quad j = 1, \dots, n_k \quad (2.2.4)$$

Este conjunto de k equações pode ser escrito recorrendo a uma única equação com variáveis indicatrizes:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_1 R_{1ij} + \alpha_2 R_{2ij} + \dots + \alpha_k R_{kij} + \varepsilon_{ij} \quad (2.2.5)$$

onde $R_{mij} = 1$ se a observação j pertence ao nível $i = m$, $m = 1, \dots, k$, e $R_{mij} = 0$ caso contrário. As variáveis R_{mij} são variáveis indicadoras de cada nível de fator.

O modelo assim escrito tem um excesso de parâmetros. Observe-se que há uma variável fictícia para cada uma das k categorias do tratamento.

Para reduzir o número dos parâmetros, existem algumas soluções possíveis, como tomar $\alpha_1 = 0$.

Assim, assumindo que $\alpha_1 = 0$, então $\mu = \mu_1$:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \mu, \forall j = 1, \dots, n_1 \\ \mu_2 &= \mu_1 + \alpha_2 = \mu, \forall j = 1, \dots, n_2 \\ \mu_3 &= \mu_1 + \alpha_3 = \mu, \forall j = 1, \dots, n_3 \\ &\dots \\ \mu_k &= \mu_1 + \alpha_k = \mu, \forall j = 1, \dots, n_k \end{aligned} \quad (2.2.6)$$

No modelo cada α_i , ($i > 1$), representa o incremento que transforma a média do primeiro nível na média do nível i :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0 \\ \alpha_2 &= \mu_2 - \mu_1 \\ \alpha_3 &= \mu_3 - \mu_1 \\ &\dots \\ \alpha_k &= \mu_k - \mu_1 \end{aligned} \quad (2.2.7)$$

A igualdade de todas as médias da população, $\mu_1 = \dots = \mu_k$, é equivalente a afirmar que todos os efeitos de nível são nulos: $\alpha_i = 0, \forall i$.

A partir dos dados apresentados acima, os estimadores naturais são:

$$\hat{\mu}_1 = \bar{Y}_1. \quad (2.2.8)$$

E,

$$\hat{\alpha}_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{1.} \quad (2.2.9)$$

Onde,

$$\bar{Y}_{i.} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} \quad (2.2.10)$$

Logo observa-se que qualquer observação tem um valor ajustado:

$$\hat{Y}_{ij} = \hat{\mu}_i = \hat{\mu}_1 + \hat{\alpha}_i = \bar{Y}_{i.} \quad (2.2.11)$$

Para testar se os níveis dos fatores afetam a média da variável ou, equivalentemente, se todos os tratamentos produzem o mesmo efeito, isso corresponde à hipótese nula:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu \quad \text{ou} \quad H_0: \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$$

A hipótese nula é testada através do teste F.

Sob o modelo ANOVA a um fator, para testar:

$$H_0: \alpha_i = 0 \quad \forall i=2, \dots, k \quad \text{vs} \quad H_1: \exists i=2, \dots, k: \alpha_i \neq 0$$

a estatística de teste é:

$$F = \frac{MSF}{MSE} \sim F(k-1, n-k), \text{ sob } H_0$$

A um nível de significância α_i ,

$$\text{Rejeita-se } H_0 \text{ se } F_{obs} > F_{1-\alpha; (k-1, n-k)}.$$

Neste contexto, as somas dos quadrados e os quadrados médios também têm fórmulas específicas na ANOVA de um fator:

A variabilidade total das observações é dada pela soma dos quadrados das distâncias de cada observação à média global:

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y})^2 \quad (2.2.12)$$

Verifica-se a seguinte igualdade:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2 \quad (2.2.13)$$

$$SST = SSF + SSE$$

SST: Variabilidade total das observações Y_{ij} em relação à média global \bar{Y} .

SSF: Variabilidade das observações entre grupos - corresponde à soma ponderada das variações das médias de cada grupo, \bar{Y}_i , em torno da média global.

SSE: Variabilidade das observações dentro dos grupos - corresponde à soma das variações das observações Y_{ij} dentro de cada um dos k diferentes grupos.

Definimos ainda:

$$MSE = \frac{SSE}{N - k} \quad (2.2.14)$$

$$MSF = \frac{SSF}{k - 1} \quad (2.2.15)$$

Os valores de MSF e MSE são as estimativas da variância do fator e da variância dos erros, respetivamente. Assim, quando a hipótese H_0 é verdadeira, estes valores devem ser próximos e, consequentemente, a razão $\frac{MSF}{MSE}$ terá um valor próximo de 1. Se H_0 não for verdadeira, então o valor de MSF será significativamente superior ao de MSE. Assim, a hipótese H_0 é rejeitada para valores elevados de $\frac{MSF}{MSE}$.

Tabela 1.1- Tabela Anova um fator

	<i>g.l</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F_{obs}</i>
<i>Fator</i>	k-1	<i>SSF</i>	<i>MSF</i>	
<i>Resíduos</i>	n-k	<i>SSE</i>	<i>MSE</i>	$\frac{MSF}{MSE}$
<i>Total</i>	n-1	<i>SST</i>	-	-

Notações:

$$N = \sum_{i=1}^k n_i \quad (2.2.16)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} \quad (2.2.17)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij} \quad (2.2.18)$$

2.3. Comparações Múltiplas

Ao rejeitar H_0 , pode-se concluir que existe pelo menos uma média populacional que é significativamente diferente das restantes. Contudo, a ANOVA nada indica sobre qual ou quais os pares de médias que são diferentes. O procedimento correto para comparar k médias, duas a duas designa-se por “**Comparação múltipla de médias**”.

Pretende-se então testar qual ou quais os pares de médias que são diferentes entre si:

$$H_0: \mu_i = \mu_j \text{ vs } H_1: \mu_i \neq \mu_j (i, j = 1, \dots, k)$$

para todos os pares de médias possíveis dado por ${}^kC_2 = (k^2 - k)/2$. Supondo que $k=3$. Pode-se rejeitar H_0 pelos seguintes pressupostos:

- ✓ $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3$, isto é, $\alpha_2 = 0; \alpha_3 \neq 0$
- ✓ $\mu_1 = \mu_3 \neq \mu_2$, isto é, $\alpha_3 = 0; \alpha_2 \neq 0$
- ✓ $\mu_1 \neq \mu_2 = \mu_3$, isto é, $\alpha_2 = 0; \alpha_3 \neq 0$
- ✓ $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$, isto é, $\alpha_1 \neq 0; \alpha_2, \alpha_3 \neq 0$

A questão que se coloca é como decidir entre essas diferentes alternativas. É aqui que entrarão os testes de comparação múltipla.

Existem vários testes (post-hoc) de comparações múltiplas de médias, o teste de Tukey, o Bonferroni, o Scheffé, o Newman-Keuls, etc, no entanto não existe consenso sobre qual dos testes é mais apropriado.

No teste de Fisher- least significant difference (LSD) rejeita-se $H_0: \mu_i = \mu_j$ se:

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| \geq \sqrt{MSE \times \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) f_{1-\alpha; (1, N-k)}} \quad (2.3.1)$$

Este procedimento deve utilizar-se em 4 ou menos comparações de médias, já que para muitas comparações a potência do teste é reduzida. Para ultrapassar esse problema, H. Scheffé propôs rejeitar $H_0: \mu_i = \mu_j$, apenas se:

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| \geq \sqrt{MSE \times \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) (k-1) f_{1-\alpha; (k-1, N-k)}} \quad (2.3.2)$$

Contudo este procedimento é muito conservativo e apenas diferenças elevadas entre médias levam à rejeição de H_0 , tendo uma única vantagem em relação a LSD de permitir inúmeras comparações à posteriori.

O teste de Bonferroni aplica-se para comparar médias duas a duas, cujo número de comparações foi definido à priori. Aqui o nível de significância é reduzido para compensar o número de rejeições de H_0 . O nível de significância a usar neste teste é dado por $\alpha' = 1 - \sqrt[k]{1 - \alpha}$ rejeitando $H_0: \mu_i = \mu_j$, apenas se:

$$|Y_i - \bar{Y}_j| \geq \sqrt{MSE \times \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) f_{1-\alpha'; (1, N-k)}} \quad (2.3.3)$$

Apesar dos testes anteriores serem bons, o teste mais comumente usado para comparações múltiplas para grupos equilibrados é o teste de Tukey que é um dos testes mais robustos a desvios de normalidade

e homogeneidade das variâncias para amostras grandes, ou o Teste de Tukey-Kramer como alternativa para grupos desequilibrados.

A estatística teste de Tukey é dada por (Tukey, 1953):

$$Q = \frac{\bar{Y}_i - \bar{Y}_j}{\sqrt{\frac{MSE}{2} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}} \quad (2.3.4)$$

Para uma determinada probabilidade de erro $\alpha \times 100\%$, rejeita-se H_0 se Q for maior que o valor crítico do teste. A maioria dos softwares estatísticos produz a probabilidade de significância (p-value) para o teste. (Marôco, 2018)

2.4. ANOVA MEDIDAS REPETIDAS

ANOVA de medidas repetidas efetua a comparação de duas ou mais médias populacionais a partir de amostras emparelhadas. À semelhança da ANOVA para amostras independentes, a ANOVA de medidas repetidas testa também a existência de diferenças entre médias. Contudo as medidas da variável dependente são repetidas no mesmo sujeito experimental, o que não é o mesmo que medir a mesma variável dependente em sujeitos diferentes. Neste cenário não se pode usar a ANOVA para amostras independentes, porque as amostras não são independentes, mas são relacionadas pelo mesmo indivíduo. Ao não se considerar a (co) relação existente entre as diversas medidas, isso provoca um agravamento da soma de quadrados dos erros, que resulta numa menor potência do teste. Sendo a ANOVA medidas repetidas mais potente para a comparação de médias populacionais a partir de amostras emparelhadas.

2.4.1. Condições de aplicação da ANOVA de Medidas Repetidas

A ANOVA de medidas repetidas possui os mesmos pressupostos da ANOVA para amostras independentes nomeadamente quanto à exigência da normalidade da variável sob estudo e a homogeneidade das variâncias entre os grupos (teste de Levene).

Contudo a ANOVA de medidas repetidas, exige que as correlações entre as diversas medidas (amostras) sejam iguais, porque o coeficiente de correlação não é mais do que a razão entre a covariância de duas variáveis e o produto dos desvios de padrões de cada uma das variáveis, isto é:

$$r = \frac{cov(X, Y)}{S_X S_Y} \quad (2.4.1.1)$$

o que se reduz a:

$$r = \frac{cov(X, Y)}{S^2} \quad (2.4.1.2)$$

se a homogeneidade das variâncias se verificar.

Sendo que a exigência de homogeneidade de variâncias e correlações pode reduzir-se à exigência de homogeneidade da matriz das variâncias (diagonal principal) - covariâncias (fora da diagonal principal), este pressuposto é conhecido por exigência da “simetria composta” da matriz de covariâncias (Johnson, 1998). A validação deste pressuposto é suficiente, mas não necessária, para que a estatística de teste F calculada para a ANOVA de medidas repetidas seja válida. Pelo contrário, a exigência de que as componentes dos tratamentos sejam independentes Intra sujeitos, que as variáveis medidas sejam independentes dos sujeitos onde são medidas, é conhecida por pressuposto da “esfericidade”, este pressuposto traduz-se numa matriz de covariâncias cuja diagonal principal é preenchida por variâncias

iguais, e zero fora da diagonal principal. A validação da esfericidade é uma condição suficiente e necessária para a utilização da estatística F na ANOVA de medidas repetidas. Contudo, existem situações experimentais em que as medidas repetidas no mesmo sujeito não estão de alguma forma correlacionadas.

Os dois testes mais utilizados para o pressuposto de esfericidade são o “teste de esfericidade de Bartlett” e o “teste de esfericidade de Mauchly”. Neste teste a H_0 como a matriz de covariâncias é proporcional à matriz identidade então a diagonal tem valores não nulos e o resto é zero, sendo por isso a covariância nula.

$H_0: \Sigma = \sigma^2 I$ vs $H_0: \Sigma \neq \sigma^2 I$, ou seja H_0 : todas as variáveis medidas nos sujeitos experimentais estão distribuídas independentemente e com uma variância comum.

Para as situações em que não se verifica o pressuposto da esfericidade, G.E.Box desenvolveu um índice-Epsilon - este assume o valor 1 (ou seja, $\epsilon = 1$) se a condição de esfericidade é exatamente cumprida. Quanto mais se afasta de 1 (ou seja, $\epsilon < 1$), maior será a violação da esfericidade.

Sendo que também existem mais duas correções, nomeadamente o Epsilon de Greenhouse-Geisser e o Epsilon de Huynh-Feldt.

2.4.2. ANOVA de Medidas Repetidas a um fator

A ANOVA de medidas repetidas a um fator, pode organizar-se em tabelas, assumindo que cada uma das medidas constituem o fator em estudo, sendo cada sujeito medido k-vezes, e sendo cada amostra emparelhada constituída por medidas dos n sujeitos:

Tabela 2.2- Exemplo de tabela medidas repetidas

		Amostras		
		1	...	k
Sujeitos	1	Y_{11}	...	Y_{1k}

	n	Y_{n1}	...	Y_{nk}

As hipóteses sob estudo são que as médias populacionais de onde foram extraídas as amostras emparelhadas são iguais vs existe pelo menos uma das médias diferente das restantes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

Vs

$$H_1: \exists_{i,j}: \mu_i \neq \mu_j; i \neq j$$

A ANOVA de medidas repetidas pode então ser organizada num quadro do tipo:

Tabela 2.3-Tabela ANOVA de Medidas Repetidas

	g.l	SS	MS	F_{obs}
Sujeitos (Intra-sujeitos)	n-1	$SQS = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2 - C$		$\frac{QMF}{QME}$
Fatorial (Entre amostras)	k-1	$SQF = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2 - C$	$\frac{SQF}{k-1}$	
Erro (Intra-amostras)	(n-1)(k-1)	$SQE = SQT - SQF - SQS$	$\frac{SQE}{(k-1)(n-1)}$	
Total	kn-1	$SQT = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - C$	-	-

Onde $C = \frac{1}{nk} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2$ (2.4.2.1)

Estatística de teste:

$$F = \frac{QMF}{QME} \quad (2.4.2.2)$$

A fonte de variação dos erros pode também ser designada por interação Sujeitos x Tratamentos. Este termo é particularmente útil uma vez que é uma medida do grau em que o efeito do tratamento depende dos sujeitos da amostra e vice-versa. Um erro pequeno pode-se interpretar como uma interação reduzida entre o tratamento e os sujeitos, ou seja, o tratamento é consistente entre sujeitos. Já se for um erro elevado significa que diferentes sujeitos respondem diferencialmente ao tratamento. Sob H_0 a estatística F tem distribuição F-Snedecor com $(k-1)$ e $(k-1)(n-1)$ graus de liberdade, rejeitando-se H_0 para uma determinada probabilidade de erro tipo I não superior a $\alpha \times 100\%$ quando $F \geq f_{1-\alpha; (k-1); (k-1)(n-1)}$.

Pressupostos de aplicabilidade da ANOVA de medidas repetidas

Neste modelo, a variável resposta é acompanhada ao longo do tempo gerando assim um modelo longitudinal com medidas repetidas. De modo a garantir se o modelo é adequado, existem quatro pressupostos:

- ❖ Homocedasticidade;
- ❖ Normalidade;
- ❖ Independência;
- ❖ Esfericidade.

Pressuposto de Homocedasticidade

Este presume que os resíduos tenham variâncias estatisticamente iguais entre os níveis experimentais, caso contrário a heterocedasticidade dos resíduos afeta a ANOVA e influencia o cálculo dos mínimos quadrados.

Um dos testes para igualdade das variâncias é o teste de Cochran, pois compara a maior variância entre os tratamentos e as demais variâncias. O cálculo deste teste é feito dividindo a maior variância entre os tratamentos S_{Maior}^2 pela soma das restantes variâncias $\sum_{i=1}^k S_i^2$, conforme abaixo:

$$C = \frac{S_{Maior}^2}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \right)} \text{ ou } \frac{S_{Maior}^2}{\sum_{i=1}^k S_i^2} \text{ com } S_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \quad (2.4.2.3)$$

Onde:

k = número de níveis de tratamento

n = número de repetições para cada fator

y = resíduo individual em cada nível de tratamento

\bar{y} = média dos resíduos em cada nível

Outro teste aplicável para garantir o pressuposto da homocedasticidade é o teste de Levene, este consiste em fazer uma transformação dos dados originais e aplicar aos dados transformados o teste da Anova. Levene propôs a seguinte transformação:

$$z_{ij} = |x_{ij} - \bar{x}_i|, i = 1, \dots, k \text{ e } j = 1, \dots, n_i \quad (2.4.2.4)$$

Onde:

z_{ij} : representa os dados após transformação;

x_{ij} : representa os dados originais;

\bar{x}_i : representa a média do nível i , para os dados originais.

Brown (1974) propõe como alternativa, substituir a média do nível pela mediana, no procedimento de Levene.

.

$$z_{ij} = |x_{ij} - \tilde{x}_i|, \quad i = 1, \dots, k \text{ e } j = 1, \dots, n_i \quad (2.4.2.5)$$

A estatística teste é:

$$F^* = \frac{n - k}{k - 1} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{z}_{i.} - \bar{z}_{..})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (z_{ij} - \bar{z}_{i.})^2} \quad (2.4.2.6)$$

$$\text{Em que, } \bar{z}_i = \frac{\sum_{j=1}^k z_{ij}}{n_i}. \quad (2.4.2.7)$$

Pressuposto de normalidade

Presume que os resíduos tenham uma distribuição normal. Caso contrário, esta distribuição terá maior erro padrão e as estimativas não serão eficientes.

De modo a verificar este pressuposto pode-se utilizar o teste de Shapiro-Wilk. Este teste verifica se uma amostra aleatória de tamanho “n” provém de uma distribuição normal. Podemos encontrar a informação acerca deste teste em (Quelle).

Pressuposto de independência

Presume que a correlação entre os resíduos seja 0, ou seja, uma observação tem efeito nulo sobre a outra.

De forma a verificar este pressuposto existe o teste de Durbin-Watson, que deteta a dependência nos resíduos. Este teste é o mais utilizado para detetar a autocorrelação de 1.^a ordem dos erros:

$$\varepsilon_i = p\varepsilon_{i-1} + a_i$$

em que ε_i é o termo do erro do modelo na i-ésima observação, $a_i \sim N(0, \sigma_a^2)$ e $p(|p| < 1)$ é o parâmetro de autocorrelação.

Temos que a estatística de teste de Durbin-Watson é dada por:

$$dw = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (2.4.2.8)$$

em que $0 \leq dw \leq 4$. A distribuição de dw depende da matriz X. Entretanto se formos calcular os valores para a estatística de Durbin-Watson podemos tomar decisões consoante os seus valores críticos d_L e d_U :

- se $0 \leq d_W < d_L$ então rejeitamos H_0 (dependência);
- se $d_L \leq d_W \leq d_U$ então o teste é inconclusivo;
- se $d_U < d_W < 4 - d_U$ então não rejeitamos H_0 (independência);
- se $4 - d_U \leq d_W \leq 4 - d_L$ então o teste é inconclusivo;
- se $4 - d_L < d_W \leq 4$ então rejeitamos H_0 (dependência).

Quando $0 \leq d_W < d_L$ existe evidência de uma correlação positiva. Já quando $4 - d_L < d_W \leq 4$, a correlação é negativa. Quando não se rejeita H_0 não existe sinais de autocorrelação pelo que os resíduos são independentes. Pode-se tomar a decisão pelo p-valor.

Pressuposto de esfericidade

A esfericidade é a igualdade das variâncias provenientes de um nível de tratamento. Como modelo, se a esfericidade for igual a 1 significa que os dados são esféricos, ou seja, na matriz dos dados experimentais as variâncias são iguais e as covariâncias também são iguais. (Xavier & Dias, 2001)

Este pressuposto tem várias vantagens, o mais importante é que reduz a variabilidade não sistemática dos dados (Field, 2005), logo fornece maior poder para detetar efeitos.

O teste de esfericidade de Mauchly verifica se a matriz de variância-covariância da variável dependente pode ser considerada esférica.

Se os dados violarem o pressuposto de esfericidade, existem várias correções que podem ser aplicadas para produzir uma razão F válida. Todas as correções envolvem ajuste de graus de liberdade associados ao valor da F.

Existem três estimativas diferentes de esfericidade usadas de modo a corrigir os graus de liberdade:

1. Greenhouse and Geisser's pode ser conservador, especialmente para amostras pequenas;
2. Huynh e Feldt's: este não é tão conservador quanto o Greenhouse-Geisser, porém pode ter um valor maior que 1. Quando seu valor calculado for maior que 1, o Huynh-Feldt usado é 1;
3. Estimativa do limite inferior é o mais conservador de todos e assume o recíproco dos graus de liberdade para o fator dentro dos sujeitos.

Que correção se deve usar?

Verificando as estimativas de esfericidade (ϵ) no SPSS:

- ❖ Quando $\epsilon > 0.75$, usa-se a correção de Huynh-Feldt.
- ❖ Quando $\epsilon < 0,75$, ou nada se sabe sobre a esfericidade, usa-se a correção de Greenhouse-Geisser.

3. Aplicação

3.1. Caracterização e objetivo do estudo base

O estudo não experimental à análise do tratamento à doença periodontal tem como objetivo verificar se após o tratamento aplicado pelos dentistas o nível médio de CAL e PD se altera, sendo que a primeira medida que temos do paciente é anterior ao tratamento, e as restantes 3 medidas são realizadas no decurso do tratamento.

3.2. Análise Descritiva e exploratória dos dados

O nosso conjunto de dados é constituído por pacientes atendidos na Clínica Universitária Egas Moniz. Neste aspeto, difere do que é normalmente visto, uma vez que não é o resultado de um ensaio clínico ou os pacientes não foram recrutados para esse efeito.

Neste estudo é considerada uma amostra de 51 pacientes. Estes tinham pelo menos 35 anos e todos apresentavam periodontite crónica. Cada paciente foi examinado pela primeira vez e retornou duas semanas depois para começar o tratamento, o tratamento da doença periodontal foi aplicado proporcionalmente em todos os pacientes ao longo das 3 consultas seguintes. Durante um exame periodontal, o CAL é geralmente medido em seis locais para cada um dos 28 dentes (excluindo o terceiro molar, isto é, os dentes do siso) correspondendo ao méso-vestibular, médio-vestibular, disto-vestibular, sítios méso-lingual, médio-lingual e disto-lingual. Um indivíduo sem dentes perdidos tem $m=168$ medições ordinais tomando os valores $k = 0,1, \dots$ com zero representando um local sem PD. As medidas em cada indivíduo são altamente correlacionadas e agrupadas.

As covariáveis de nível de sujeito incluídas foram idade categorizada (anos) e género.

No início do tratamento foi perguntado a cada paciente se fumava, tendo-se verificado que apenas 10 pacientes responderam que sim, pelo que se pode concluir que cerca de 80% dos pacientes não fuma. Foi lhes também perguntado se tinham diabetes dos quais apenas 4 responderam que tinham, logo verifica-se que cerca de 92% da amostra não tem diabetes. Posto isto verificou-se que com estes dados não valeria a pena usar esta medida no estudo.

A análise estatística foi efetuada usando o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences - versão 26) em que foi feito inicialmente uma análise descritiva. Em seguida foi feito a análise segundo a Anova Medidas Repetidas porque é uma metodologia adequada a analisar dados que exibem dependência das medidas ao longo do tempo nos mesmos indivíduos.

3.3. Análise descritiva dos dados da medida CAL

Com a tabela 4 suspeita-se não existir diferença entre as médias amostrais de uma consulta para a outra.

Tabela 3.4-Análise de dados da CAL

Estatística Descritiva							
	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Erro Padrão	Variância
CONSULTA1	51	8,81	1,96	10,77	4,0575	1,38667	1,923
CONSULTA2	51	9,02	1,92	10,94	3,8580	1,38176	1,909
CONSULTA3	51	8,57	2,42	10,99	3,8614	1,37878	1,901
CONSULTA4	51	8,27	2,32	10,59	3,8600	1,31337	1,725
N válido (de lista)	51						

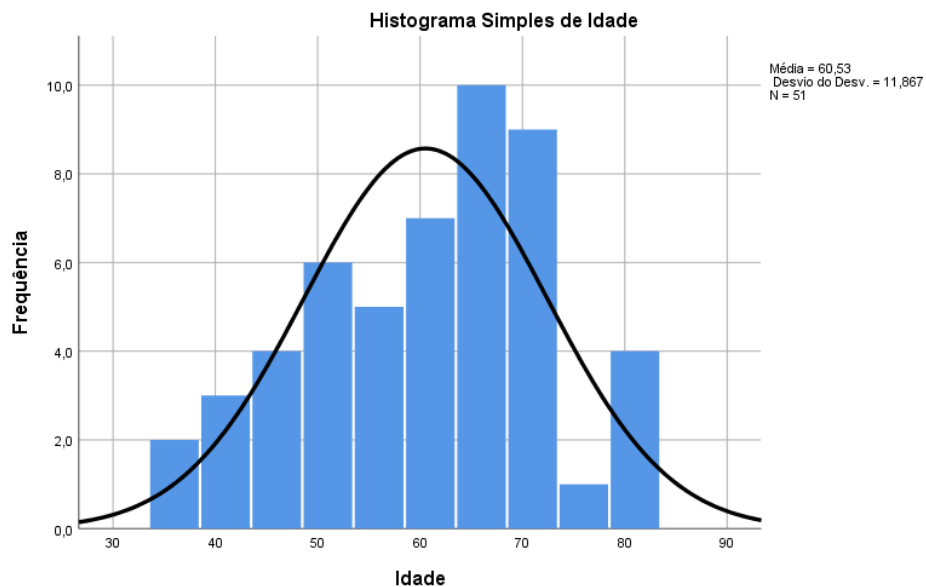


Figura 3.3- Histograma de idades

Verifica-se que a médias das idades está nos 60 anos e o seu desvio de padrão nos 11.87.

3.3.1. Distribuição das médias da CAL

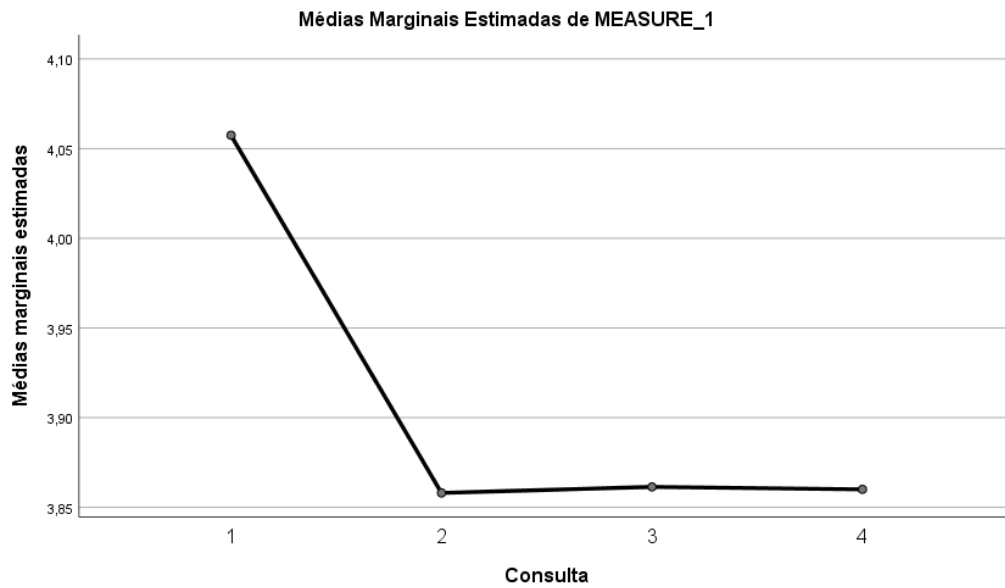


Figura 3.4- Comparação de médias da medida cal

Na figura 4 verifica-se um decréscimo no valor do CAL da consulta 1 para a 2ª consulta, sendo que nas restantes não existe praticamente diferença alguma. Esta diferença dever-se-á ao facto de na 1ª consulta o tratamento só ser aplicado após as medições.

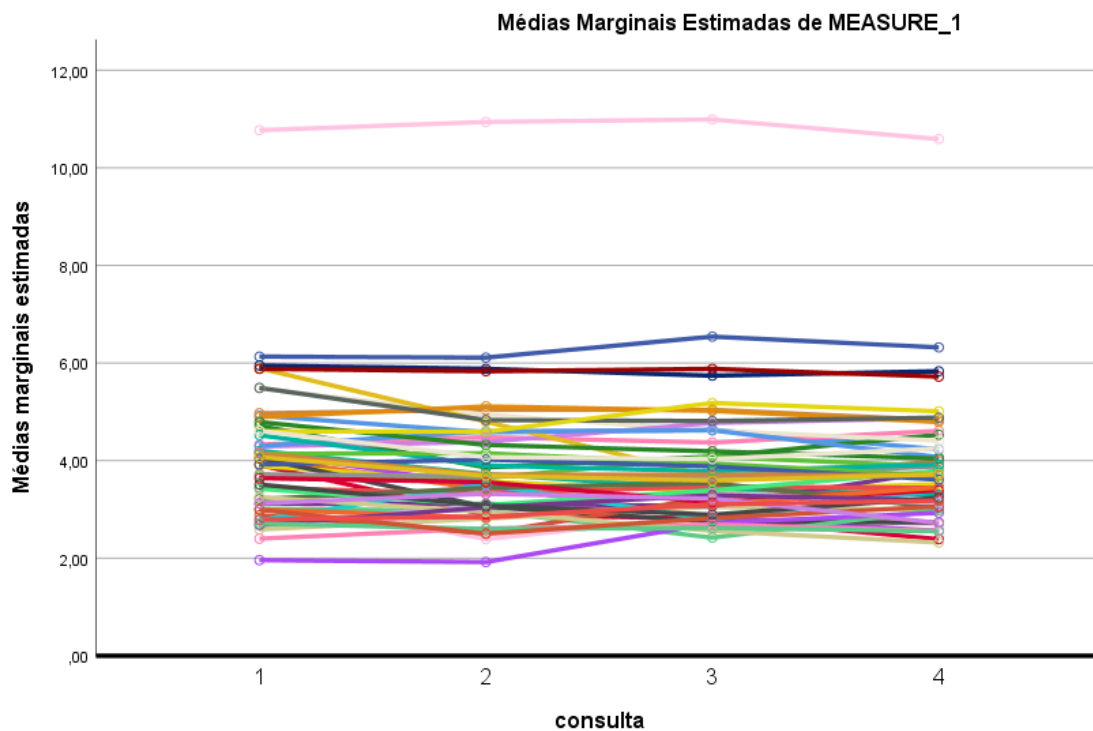


Figura 3.5- Spaghetti Plot

Na figura 5 pode-se ver o spaghetti plot dos dados relativos à medida do CAL.

3.3.2. Distribuição do Nível de perda de aderência clínica

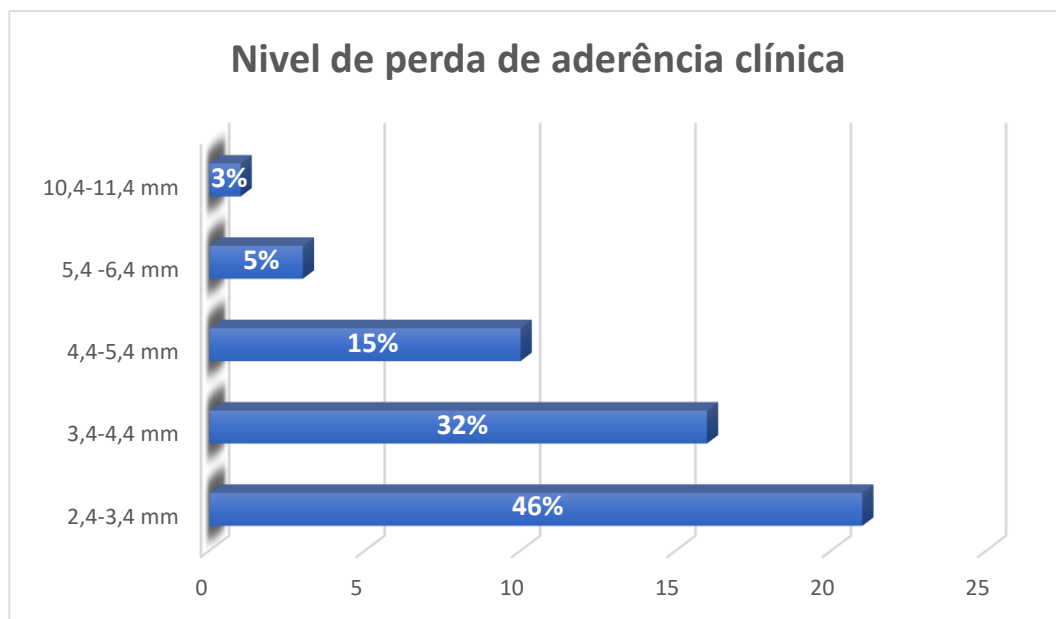


Figura 3.6- Distribuição do Nível de perda de aderência clínica

Verifica-se através do gráfico da figura 6, que 46% da amostra apresenta uma perda de aderência clínica entre 2,4 a 3,4 mm, 32% apresenta uma perda entre 3,4 a 4,4 mm e 23% apresenta uma perda de aderência entre 4,4 a 11,4 mm.

3.3.3. Distribuição das frequências do Nível de perda de aderência clínica por gênero

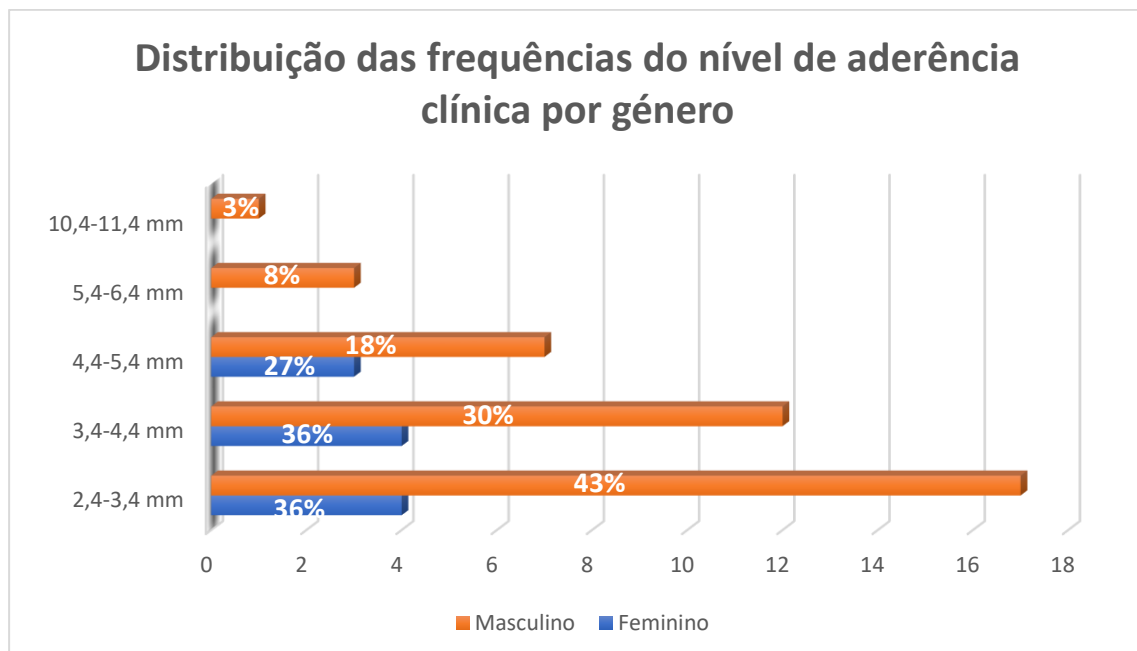


Figura 3.7-Distribuição das frequências do nível de aderência clínica e gênero

3.4. Análise descritiva dos dados da medida PD

A tabela 5 mostra as médias amostrais por consulta. Pode-se verificar que da consulta 1 para a 2 e da consulta 2 para a 3 existe uma pequena diferença entre as médias.

Tabela 3.5-Estatística Descritiva da medida PD

Estatística Descritiva							
	N	Intervalo	Mínimo	Máximo	Média	Erro padrão	Variância
Consulta1	51	2,67	1,64	4,31	2,9690	,59768	,357
Consulta2	51	2,53	1,71	4,24	2,7749	,47355	,224
Consulta3	51	2,04	2,06	4,10	2,8002	,45690	,209
Consulta4	51	2,22	1,97	4,19	2,8025	,43415	,188
N válido (de lista)	51						

3.4.1. Distribuição das médias da PD

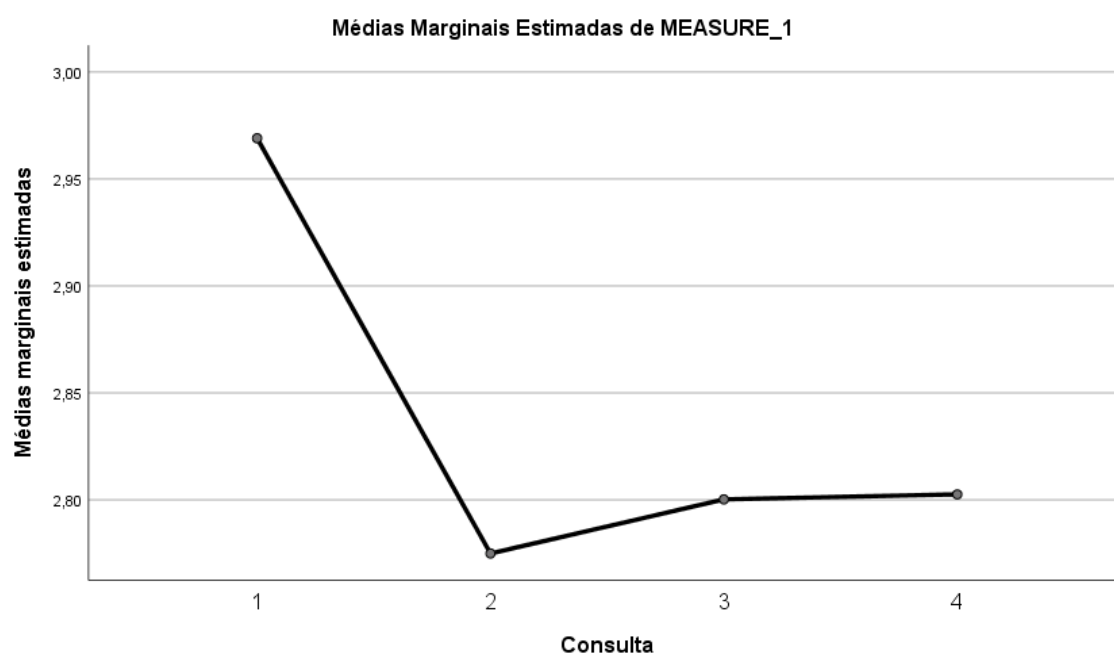


Figura 3.8-Comparação de Médias da medida PD

Verifica-se na figura 8 um decréscimo na consulta 1 para a consulta 2 visto que na consulta 1 ainda não tinha sido aplicado o tratamento. Verifica-se também um aumento no PD da consulta 2 para a consulta 3.

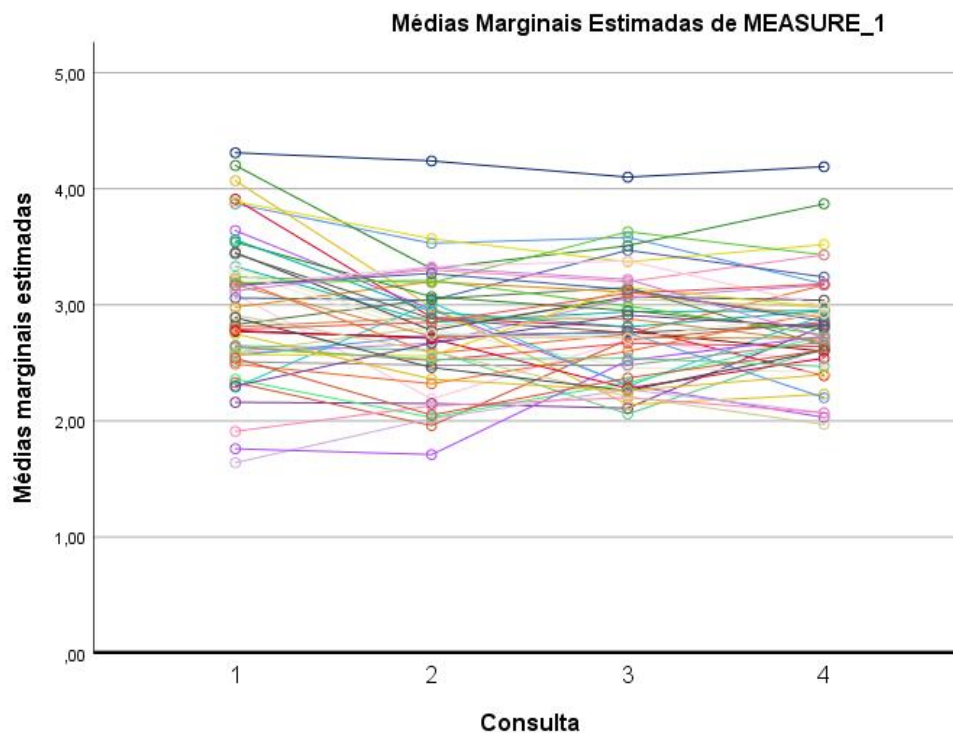


Figura 3.9-Spaghetti Plot da medida PD

Na figura 9 pode-se ver o spaghetti plot dos dados da medida PD.

3.4.2. Distribuição da profundidade de sondagem

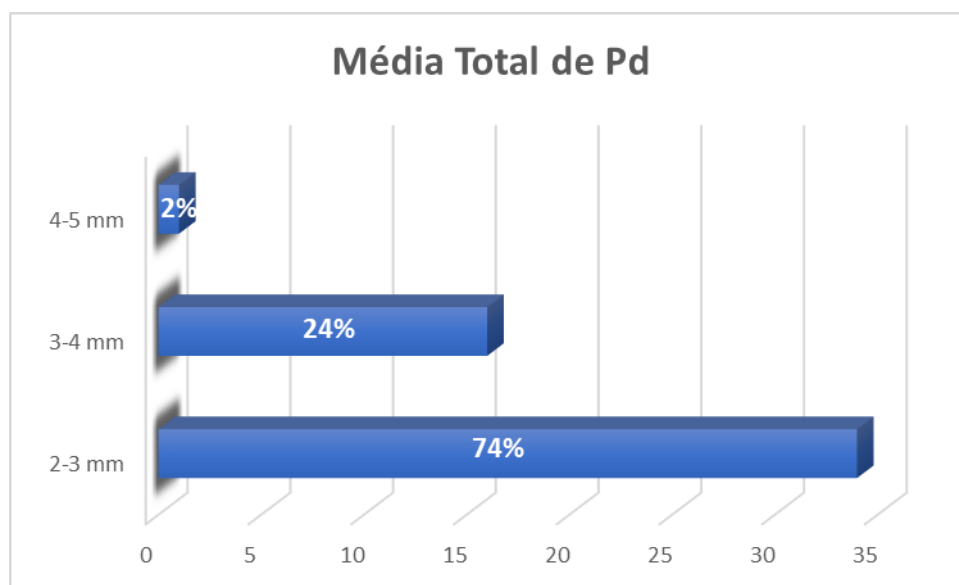


Figura 3.10- Distribuição da profundidade de sondagem por paciente

3.4.3. Distribuição da profundidade de sondagem por género

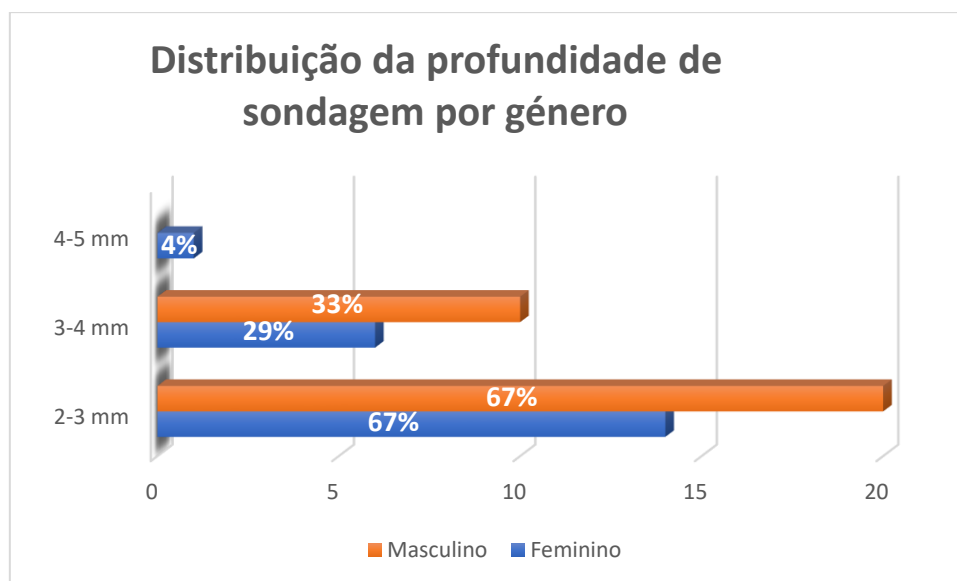


Figura 3.11- Distribuição da profundidade de sondagem por género

4. Análise de dados

Nesta secção analisa-se a medida CAL e a medida PD em função das consultas, e em seguida ambas as medidas são analisadas tendo em conta as covariáveis sexo e idade.

4.1. Análise do CAL em função do tempo

Vamos analisar a perda de aderência clínica (CAL), usando a ANOVA de Medidas Repetidas, em que a variável a estudar é a variável consulta, de modo a compararmos as médias ao longo de cada consulta.

Tabela 4.6- Fatores dentro sujeitos

Fatores dentro sujeitos

Medida: MEASURE_1

	Variável
consulta	dependente
1	Consulta1
2	Consulta2
3	Consulta3
4	Consulta4

Esta tabela nº 6 identifica os quatro momentos de medições do CAL.

Tabela 4.7- Teste de esfericidade de Mauchly

Teste de esfericidade de Mauchly

Medida: MEASURE_1

Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	gl	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferior
consulta	,333	53,506	5	,000	,589	,609	,333

Na tabela nº 7 é apresentado o teste de esfericidade de Mauchly. Verifica-se que o valor aproximado do Qui-quadrado e seu valor P associado indicam que o nível de significância está abaixo de 0,05 (é <0,000), logo a suposição da esfericidade não se verifica. Esta tabela também nos informa sobre os valores épsilon para os três ajustes correcionais típicos. O de Greenhouse-Geisser é igual a 0.589.

Tabela 4.8-Teste de efeitos dentro sujeitos

Testes de efeitos dentro sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
consulta	Esfericidade considerada	1,494	3	,498	4,580	,004
	Greenhouse-Geisser	1,494	1,768	,845	4,580	,016
	Huynh-Feldt	1,494	1,828	,818	4,580	,015
	Limite inferior	1,494	1,000	1,494	4,580	,037
Erro(consulta)	Esfericidade considerada	16,315	150	,109		
	Greenhouse-Geisser	16,315	88,388	,185		
	Huynh-Feldt	16,315	91,386	,179		
	Limite inferior	16,315	50,000	,326		

Esta tabela demonstra o valor F para o fator “Consulta” e o seu nível de significância associado. Como os dados violaram a suposição de esfericidade, portanto, os resultados apresentados na linha rotulada como Greenhouse-Geisser serão interpretados, caso contrário interpretavam-se só os resultados da linha esfericidade assumida.

Verifica-se na tabela número 7 que o valor de Greenhouse-Geisser é de 0.589, os graus de liberdade para cada um dos testes de Greenhouse-Geisser são 0.589 vezes os graus de liberdade dos testes de Esfericidade Assumida. Portanto, os graus de liberdade ajustados para a correção de Greenhouse-Geisser são obtidos como 0,589 multiplicado por 3, o grau de liberdade correspondente para a condição de esfericidade assumida, o que dá 1,768 Pelo p-valor aqui obtido de 0.016, considerando a correção de Greenhouse-Geisser, significa que há diferenças entre os valores médios do CAL para algumas consultas.

Tabela 4.9- Comparações por Método Pairwise

Comparações por Método Pairwise

Medida: MEASURE_1

(I) Consulta	(J) Consulta	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,199*	,056	,005	,045	,354
	3	,196	,082	,119	-,028	,420
	4	,197	,087	,170	-,043	,438
2	1	-,199*	,056	,005	-,354	-,045
	3	-,003	,050	1,000	-,140	,133
	4	-,002	,063	1,000	-,174	,170
3	1	-,196	,082	,119	-,420	,028
	2	,003	,050	1,000	-,133	,140
	4	,001	,042	1,000	-,113	,116
4	1	-,197	,087	,170	-,438	,043
	2	,002	,063	1,000	-,170	,174
	3	-,001	,042	1,000	-,116	,113

Baseado em médias marginais estimadas

*. A diferença média é significativa no nível ,05.

b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.

Desta tabela percebemos que a única diferença que existe entre valores médios é da 1ª para a 2ª consulta.

Tabela 4.10-Teste de efeitos entre sujeitos

Testes de efeitos entre sujeitos

Medida: MEASURE_1

Variável transformada: Média

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Intercepto	3117,521	1	3117,521	437,130	,000
Erro	356,590	50	7,132		

Pode-se, portanto, concluir que houve uma diferença significativa entre as avaliações das médias de consulta.

4.1.1. Análise do Cal em função do tempo, idade e sexo

Depois de se ter analisado a medida CAL foi-se analisar como as covariáveis sexo e idade a influenciam.

Tabela 4.11-Fatores entre sujeitos

Fatores entre sujeitos		N
Classe_Idade	1	14
	2	12
	3	14
	4	11
Sexo	0	21
	1	30

Na tabela nº 11, constam as classes da variável idade, tendo em conta os valores mínimo e máximo e os percentis da amostra. Em que a 1ª classe corresponde aos pacientes entre 36 e 52 anos, a 2ª classe corresponde aos pacientes entre a idade 53 a 62 anos, a 3ª classe corresponde aos pacientes entre a idade 63 a 70 anos e por fim a 4ª e última classe corresponde aos pacientes com as idades compreendidas entre 71 a 83 anos.

Tabela 4.12-Teste de caixa de igualdade de matrizes de covariância

Teste de caixa de igualdade de matrizes de covariância	
M de Box	107,852
F	1,246
gl1	60
gl2	2348,315
Sig.	,099

Ao nível de significância de 0.05 não existe evidência para rejeitar a hipótese de homogeneidade entre as variâncias e covariâncias das variáveis.

Tabela 4.13-Testes multivariados com a variável sexo e a variável idade

Testes multivariados com a variável sexo e a variável idade						
Efeito		Valor	F	gl de hipótese	Erro gl	Sig.
consulta	Rastreio de Pillai	,260	4,803 ^b	3,000	41,000	,006
	Lambda de Wilks	,740	4,803 ^b	3,000	41,000	,006
	Rastreio de Hotelling	,351	4,803 ^b	3,000	41,000	,006
	Maior raiz de Roy	,351	4,803 ^b	3,000	41,000	,006
consulta * Classe_Idade	Rastreio de Pillai	,250	1,302	9,000	129,000	,242
	Lambda de Wilks	,755	1,357	9,000	99,934	,218
	Rastreio de Hotelling	,317	1,397	9,000	119,000	,197
	Maior raiz de Roy	,294	4,217 ^c	3,000	43,000	,011
consulta * Sexo	Rastreio de Pillai	,073	1,071 ^b	3,000	41,000	,372
	Lambda de Wilks	,927	1,071 ^b	3,000	41,000	,372
	Rastreio de Hotelling	,078	1,071 ^b	3,000	41,000	,372
	Maior raiz de Roy	,078	1,071 ^b	3,000	41,000	,372
consulta * Classe_Idade * Sexo	Rastreio de Pillai	,156	,788	9,000	129,000	,628
	Lambda de Wilks	,849	,775	9,000	99,934	,640
	Rastreio de Hotelling	,173	,761	9,000	119,000	,653
	Maior raiz de Roy	,132	1,894 ^c	3,000	43,000	,145

Verifica-se uma alteração no valor estatístico no rastreio de pillai com a inclusão das variáveis idade e sexo.

Já no Lambda de Wilks verifica-se um aumento no valor, o valor com a inclusão das variáveis sexo e idade está agora mais próximo de 1. Contudo conclui-se que o valor médio do CAL não é influenciado pela interação idade-consulta, nem pela interação sexo-consulta.

Tabela 4.14- Teste de esfericidade de Mauchly

Teste de esfericidade de Mauchly							
Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	gl	Sig.	Greenhous e-Geisser	Epsilon ^b Huynh-Feldt	Limite inferior
consulta	,350	43,838	5	,000	,598	,724	,333

Na tabela nº 14 verifica-se que o nível de significância é menor que 0.05, logo a suposição para os testes univariados não é válida. Contudo os graus de liberdade dos testes univariados podem ser ajustados para explicar a violação da suposição.

Tabela 4.15-Testes de efeitos dentro dos sujeitos

Testes de efeitos dentro dos sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
consulta	Esfericidade considerada	2,032	3	,677	6,242	,001
	Greenhouse-Geisser	2,032	1,795	1,132	6,242	,004
	Huynh-Feldt	2,032	2,173	,935	6,242	,002
	Limite inferior	2,032	1,000	2,032	6,242	,016
consulta * Classe_Idade	Esfericidade considerada	1,907	9	,212	1,953	,050
	Greenhouse-Geisser	1,907	5,384	,354	1,953	,090
	Huynh-Feldt	1,907	6,518	,293	1,953	,075
	Limite inferior	1,907	3,000	,636	1,953	,135
consulta * Sexo	Esfericidade considerada	,509	3	,170	1,564	,201
	Greenhouse-Geisser	,509	1,795	,284	1,564	,217
	Huynh-Feldt	,509	2,173	,234	1,564	,213
	Limite inferior	,509	1,000	,509	1,564	,218
consulta * Classe_Idade * Sexo	Esfericidade considerada	,612	9	,068	,627	,773
	Greenhouse-Geisser	,612	5,384	,114	,627	,691
	Huynh-Feldt	,612	6,518	,094	,627	,721
	Limite inferior	,612	3,000	,204	,627	,602
Erro(consulta)	Esfericidade considerada	13,998	129	,109		
	Greenhouse-Geisser	13,998	77,166	,181		
	Huynh-Feldt	13,998	93,422	,150		
	Limite inferior	13,998	43,000	,326		

Nesta tabela nº 15 esta demonstrado o valor F para o fator “Consulta”, fator “”, seu nível de significância associado e tamanho do efeito. Como os dados violaram a suposição de esfericidade, portanto, os resultados apresentados na linha rotulada como Greenhouse-Geisser serão interpretados, pois o $\varepsilon < 0.75$ na tabela 14. Caso $\varepsilon > 0.75$ apenas seriam interpretados o valor da linha de Huynh-Feldt. Se a esfericidade não tivesse sido violada, os resultados da linha Esfericidade presumida teriam sido interpretados.

Olhando para o valor de Greenhouse-Geisser verifica-se que o pressuposto da esfericidade foi atendido, pois o valor-p se encontra acima de 0.05, concluindo assim que o valor médio do CAL difere entre consultas e que não é influenciado pela interação idade-consulta, nem pela interação sexo-consulta.

Tabela 4.16-Comparações por Método Pairwise

Comparações por Método Pairwise

Medida: MEASURE_1

(I) Consulta	(J) Consulta	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,238*	,061	,002	,068	,407
	3	,269*	,086	,019	,031	,506
	4	,251	,097	,079	-,018	,520
2	1	-,238*	,061	,002	-,407	-,068
	3	,031	,055	1,000	-,120	,183
	4	,014	,072	1,000	-,186	,213
3	1	-,269*	,086	,019	-,506	-,031
	2	-,031	,055	1,000	-,183	,120
	4	-,017	,046	1,000	-,146	,111
4	1	-,251	,097	,079	-,520	,018
	2	-,014	,072	1,000	-,213	,186
	3	,017	,046	1,000	-,111	,146

Baseado em médias marginais estimadas

*. A diferença média é significativa no nível ,05.

b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.

Desta tabela percebemos que a única diferença que existe entre valores médios é da 1ª para a 2ª consulta, e da 1ª para a 3ª consulta.

Tabela 4.17-Testes de efeitos entre sujeitos

Testes de efeitos entre sujeitos

Medida: MEASURE_1

Variável transformada: Média

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Intercepto	2578,576	1	2578,576	351,561	,000
Classe_Idade	2,148	3	,716	,098	,961
Sexo	,026	1	,026	,004	,953
Classe_Idade * Sexo	38,271	3	12,757	1,739	,173
Erro	315,390	43	7,335		

Os resultados da tabela 17 indicam que, pela razão F e pelo p-valor, o fator intercepto se mostrou significativo ($p\text{-valor} < 0,05$), ou seja, significa que podem existir outras variáveis, que não seja sexo e a idade que influenciam o modelo. A classe idade, sexo e a interação classe “idade e sexo” não foram significativas ($p > 0,05$), indicando que não influenciam os valores médios do CAL nas 4 consultas.

Tabela 4.18- Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene

Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene					
		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
CONSULTA1	Com base em média	2,415	7	43	,035
	Com base em mediana	,915	7	43	,504
	Com base em mediana e com df ajustado	,915	7	11,438	,529
	Com base em média aparada	1,943	7	43	,086
CONSULTA2	Com base em média	2,899	7	43	,014
	Com base em mediana	,668	7	43	,698
	Com base em mediana e com df ajustado	,668	7	10,312	,696
	Com base em média aparada	2,257	7	43	,048
CONSULTA3	Com base em média	3,851	7	43	,002
	Com base em mediana	,818	7	43	,578
	Com base em mediana e com df ajustado	,818	7	8,913	,596
	Com base em média aparada	3,011	7	43	,012
CONSULTA4	Com base em média	3,716	7	43	,003
	Com base em mediana	1,524	7	43	,185
	Com base em mediana e com df ajustado	1,524	7	9,717	,266
	Com base em média aparada	3,026	7	43	,011

Segundo o resultado do teste de Levene que consta na tabela nº 18 existe evidência para rejeitar a igualdade de variâncias do erro quando este é efetuado com base na média, pois o nível de significância está abaixo dos 0.05. Esta conclusão é extensível a todas as consultas.

4.2. Análise do PD em função do tempo

Usando novamente a ANOVA Medidas Repetidas analisou-se a Profundidade de Sondagem (PD) em que a variável a estudar é a variável consulta, de modo a compararmos as médias ao longo de cada consulta.

Tabela 4.19-Fatores dentro sujeitos da variável PD

Fatores dentre-sujeitos

Medida: MEASURE_1

Variável	
Consulta	dependente
1	Consulta1
2	Consulta2
3	Consulta3
4	Consulta4

Tabela 4.20-Teste de esfericidade de Mauchly

Teste de esfericidade de Mauchly

Medida: MEASURE_1

Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	gl	Sig.	Greenhouse-Geisser	Epsilon ^b Huynh-Feldt	Limite inferior
Consulta	,413	43,101	5	,000	,636	,660	,333

Na tabela nº 20 está representado o teste de esfericidade de Mauchly, onde se verifica o valor aproximado do Qui-quadrado e o seu valor p associado, estes indicam que o nível de significância está abaixo de 0.05 (>0.000), logo a suposição da esfericidade não se verifica. A partir desta tabela pode-se retirar que o épsilon está situado entre $1/(4-1)$ a 1, onde 4 é o número de níveis (1º Consulta, 2º Consulta, 3º Consulta, 4º Consulta) nos quais a nossa variável dependente foi medida.

Tabela 4.21-Testes de efeitos dentro sujeitos

Testes de efeitos dentro-sujeitos

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Consulta	Esfericidade considerada	1,215	3	,405	4,252	,006
	Greenhouse-Geisser	1,215	1,907	,637	4,252	,019
	Huynh-Feldt	1,215	1,980	,614	4,252	,017
	Limite inferior	1,215	1,000	1,215	4,252	,044
Erro(Consulta)	Esfericidade considerada	14,291	150	,095		
	Greenhouse-Geisser	14,291	95,326	,150		
	Huynh-Feldt	14,291	99,008	,144		
	Limite inferior	14,291	50,000	,286		

Como na tabela nº20 se verifica que o pressuposto de esfericidade está abaixo de 0.75, terá de se verificar na tabela nº 21 o valor “p” da linha do Greenhouse-Geisser. O valor-p tem o valor de 0.019 o que estará abaixo do nível de significância de 0.05. Pelo resultado de W de Mauchly (tabela nº20) e o valor p, o pressuposto não foi atendido, mas, considerando a correção de Greenhouse-Geisser, o pressuposto de esfericidade é considerado como atendido, o valor p (<0.05). Isso significa que há diferenças entre os valores médios do PD para algumas consultas.

Tabela 4.22-Comparações por Método Pairwise

Comparações por Método Pairwise

Medida: MEASURE_1

(I) Consulta	(J) Consulta	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,194*	,054	,005	,045	,343
	3	,169	,075	,170	-,036	,374
	4	,166	,080	,259	-,054	,387
2	1	-,194*	,054	,005	-,343	-,045
	3	-,025	,047	1,000	-,155	,104
	4	-,028	,059	1,000	-,191	,136
3	1	-,169	,075	,170	-,374	,036
	2	,025	,047	1,000	-,104	,155
	4	-,002	,041	1,000	-,115	,110
4	1	-,166	,080	,259	-,387	,054
	2	,028	,059	1,000	-,136	,191
	3	,002	,041	1,000	-,110	,115

Baseado em médias marginais estimadas

*. A diferença média é significativa no nível ,05.

b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.

Desta tabela nº 22 percebemos que a única diferença que existe entre valores médios é da 1ª para a 2ª consulta.

Tabela 4.23-Testes de efeitos entre sujeitos

Testes de efeitos entre sujeitos

Medida: MEASURE_1

Variável transformada: Média

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Intercepto	1641,522	1	1641,522	2369,052	,000
Erro	34,645	50	,693		

A significância de F é 0, o que é significativo porque é menor que o valor de critério de 0,05. Pode-se, portanto, concluir que houve uma diferença significativa entre as avaliações das médias por consulta.

4.2.1. Análise do PD em função do tempo acrescentando as covariáveis idade e sexo

Após a análise da Profundidade de Sondagem, iremos analisar a mesma medida, mas acrescentando duas covariáveis de modo a verificar de que modo estas covariáveis influenciam a medida da Profundidade de Sondagem (PD).

Tabela 4.24-Fatores Dentro-sujeitos

Fatores dentro sujeitos

Medida: MEASURE_1

Consultas	Variável dependente
1	Consulta1
2	Consulta2
3	Consulta3
4	Consulta4

Tabela 4.25-Fatores entre sujeitos

Fatores entre sujeitos

	N
Classe_Idade	
1	14
2	12
3	14
4	11
Sexo	
0	21
1	30

Na tabela nº 25, constam as classes da variável idade, tendo em conta os valores mínimo e máximo e os percentis da amostra. Em que a 1ª classe corresponde aos pacientes entre 36 e 52 anos, a 2ª classe corresponde aos pacientes entre a idade 53 a 62 anos, a 3ª classe corresponde aos pacientes entre a idade 63 a 70 anos e por fim a 4ª e última classe corresponde aos pacientes com as idades compreendidas entre 71 a 83 anos.

Tabela 4.26-Teste de caixa de igualdade de matrizes de covariância

Teste de Box de igualdade de matrizes de covariância	
M de Box	106,272
F	1,228
gl1	60
gl2	2348,315
Sig.	,114

Ao nível de significância de 0.05 não existe evidência para rejeitar a hipótese de homogeneidade entre as variâncias e covariâncias das variáveis.

Tabela 4.27-Testes Multivariados com variável sexo e idade

Testes Multivariados com variável sexo e idade

Efeito		Valor	F	gl de hipótese	Erro gl	Sig.
Consultas	Rastreio de Pillai	,268	5,006 ^b	3,000	41,000	,005
	Lambda de Wilks	,732	5,006 ^b	3,000	41,000	,005
	Rastreio de Hotelling	,366	5,006 ^b	3,000	41,000	,005
	Maior raiz de Roy	,366	5,006 ^b	3,000	41,000	,005
Consultas * Classe_Idade	Rastreio de Pillai	,252	1,314	9,000	129,000	,236
	Lambda de Wilks	,756	1,355	9,000	99,934	,219
	Rastreio de Hotelling	,313	1,381	9,000	119,000	,204
	Maior raiz de Roy	,278	3,989 ^c	3,000	43,000	,014
Consultas * Sexo	Rastreio de Pillai	,076	1,127 ^b	3,000	41,000	,349
	Lambda de Wilks	,924	1,127 ^b	3,000	41,000	,349
	Rastreio de Hotelling	,082	1,127 ^b	3,000	41,000	,349
	Maior raiz de Roy	,082	1,127 ^b	3,000	41,000	,349
Consultas * Classe_Idade * Sexo	Rastreio de Pillai	,167	,843	9,000	129,000	,578
	Lambda de Wilks	,839	,832	9,000	99,934	,588
	Rastreio de Hotelling	,186	,819	9,000	119,000	,600
	Maior raiz de Roy	,144	2,059 ^c	3,000	43,000	,120

A tabela nº 27 mostra quatro testes multivariados semelhantes do efeito dentro dos sujeitos. Neste caso, todos os quatro testes têm o mesmo F's e são significativos. Se a suposição de esfericidade for violada, um teste multivariado pode ser usado, que corrige os graus de liberdade. Lambda Wilk's é um teste multivariado comumente usado. Verifica-se para as consultas, que os níveis de F, graus de liberdade e de significância são os mesmos: $F(3, 41) = 5,006$, $p < .005$.

Conclui-se que o valor médio não é influenciado nem pela idade, nem pelo sexo porque verifica-se que o valor lambda de wilks está longe de 1 em ambas as comparações.

Tabela 4.28- Teste de esfericidade de Mauchly

Teste de esfericidade de Mauchly

Medida: MEASURE_1

Efeito dentre-sujeitos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	gl	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhous e-Geisser	Huynh-Feldt	Limite inferior
Consultas	,416	36,630	5	,000	,636	,773	,333

Na tabela nº 28 é apresentado o teste de esfericidade de Mauchly. Verifica-se que o valor aproximado do Qui-quadrado e seu valor P associado indicam que o nível de significância está abaixo de 0,05 (é <0,000), logo a suposição da esfericidade não se verifica. Contudo os graus de liberdade podem ser ajustados para explicar a violação desta suposição. É evidente a partir desta tabela também que o épsilon está situado entre $1 / (4-1)$ a 1, onde 4 é o número de níveis (1º consulta, 2º consulta, 3º consulta e 4º consulta) nos quais nossa variável dependente foi medida.

Tabela 4.29- Testes de efeitos dentro sujeitos com v.a sexo e v.a idade

Testes de efeitos dentro sujeitos com variável sexo e idade

Medida: MEASURE_1

Origem		Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Consultas	Esfericidade considerada	1,647	3	,549	5,740	,001
	Greenhouse-Geisser	1,647	1,907	,864	5,740	,005
	Huynh-Feldt	1,647	2,319	,711	5,740	,003
	Limite inferior	1,647	1,000	1,647	5,740	,021
Consultas * Classe_Idade	Esfericidade considerada	1,445	9	,161	1,678	,101
	Greenhouse-Geisser	1,445	5,722	,252	1,678	,140
	Huynh-Feldt	1,445	6,956	,208	1,678	,123
	Limite inferior	1,445	3,000	,482	1,678	,186
Consultas * Sexo	Esfericidade considerada	,480	3	,160	1,672	,176
	Greenhouse-Geisser	,480	1,907	,252	1,672	,195
	Huynh-Feldt	,480	2,319	,207	1,672	,189
	Limite inferior	,480	1,000	,480	1,672	,203
Consultas * Classe_Idade * Sexo	Esfericidade considerada	,607	9	,067	,705	,703
	Greenhouse-Geisser	,607	5,722	,106	,705	,640
	Huynh-Feldt	,607	6,956	,087	,705	,667
	Limite inferior	,607	3,000	,202	,705	,554
Erro(Consultas)	Esfericidade considerada	12,341	129	,096		
	Greenhouse-Geisser	12,341	82,019	,150		
	Huynh-Feldt	12,341	99,701	,124		
	Limite inferior	12,341	43,000	,287		

Nesta tabela nº 29 esta demonstrado o valor F para o fator “Consulta”, seu nível de significância associado e tamanho do efeito. Como os dados violaram a suposição de esfericidade, portanto, os resultados apresentados na linha rotulada como Huynh-Feldt serão interpretados, pois o $\varepsilon > 0.75$ na

tabela 28. Se a esfericidade não tivesse sido violada, os resultados da linha Esfericidade presumida teriam sido interpretados.

Conclui-se após verificar que os 3 critérios conduzem a resultados significativos, ou seja, há diferenças entre os valores médios do PD para algumas consultas.

Tabela 4.30-Comparações por Método Pairwise

Comparações por Método Pairwise

Medida: MEASURE_1

(I) Consulta	(J) Consulta	Diferença média (I- J)	Erro Erro	Sig. ^b	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^b	
					Limite inferior	Limite superior
1	2	,234*	,059	,002	,070	,397
	3	,235*	,079	,028	,017	,453
	4	,215	,090	,131	-,035	,464
2	1	-,234*	,059	,002	-,397	-,070
	3	,001	,052	1,000	-,143	,145
	4	-,019	,068	1,000	-,208	,170
3	1	-,235*	,079	,028	-,453	-,017
	2	-,001	,052	1,000	-,145	,143
	4	-,020	,045	1,000	-,146	,105
4	1	-,215	,090	,131	-,464	,035
	2	,019	,068	1,000	-,170	,208
	3	,020	,045	1,000	-,105	,146

Baseado em médias marginais estimadas

*. A diferença média é significativa no nível ,05.

b. Ajustamento para diversas comparações: Bonferroni.

Desta tabela nº 30 percebemos que as únicas diferenças que existem entre valores médios é da 1ª para a 2ª consulta, e da 1º para a 3º consulta.

Tabela 4.31- Testes de efeitos entre sujeitos com v.a sexo e v.a idade

Testes de efeitos entre sujeitos com variável sexo e idade

Medida: MEASURE_1

Variável transformada: Média

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Intercepto	1330,617	1	1330,617	1881,397	,000
Classe_Idade	,407	3	,136	,192	,901
Sexo	,072	1	,072	,102	,751
Classe_Idade * Sexo	4,060	3	1,353	1,914	,142
Erro	30,412	43	,707		

Nos testes entre sujeitos apenas o intercepto se mostrou- significativo ($P < 0.05$), significando que outras variáveis, que não seja idade ou sexo podem estar a influenciar em PD.

Tabela 4.32-Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene

Teste de igualdade de variâncias do erro de Levene					
		Estatística de Levene	gl1	gl2	Sig.
Consulta1	Com base em média	,778	7	43	,609
	Com base em mediana	,632	7	43	,727
	Com base em mediana e com df ajustado	,632	7	40,851	,726
	Com base em média aparada	,793	7	43	,597
Consulta2	Com base em média	,646	7	43	,715
	Com base em mediana	,494	7	43	,834
	Com base em mediana e com df ajustado	,494	7	27,812	,831
	Com base em média aparada	,626	7	43	,732
Consulta3	Com base em média	,635	7	43	,724
	Com base em mediana	,426	7	43	,881
	Com base em mediana e com df ajustado	,426	7	36,181	,880
	Com base em média aparada	,617	7	43	,739
Consulta4	Com base em média	,536	7	43	,802
	Com base em mediana	,332	7	43	,935
	Com base em mediana e com df ajustado	,332	7	28,334	,933
	Com base em média aparada	,500	7	43	,829

Segundo o resultado do teste de Levene que consta na tabela nº 32 não existe evidência para rejeitar a igualdade de variâncias do erro, pois o nível de significância está acima dos 0.05. Esta conclusão é extensível a todas as consultas.

Discussão

Cada vez mais a saúde dentária é essencial na saúde das pessoas, e cada vez mais os tratamentos dentários são multidisciplinares, não sendo exceção na periodontologia e ortodontia. O periodonto deverá ser avaliado em todos os tratamentos ortodônticos, e é importante um correto diagnóstico, bem como um plano de tratamento detalhado e específico para cada caso clínico que vai desde a cirurgia periodontal, a destartatização e motivação para higiene oral do paciente pois a acumulação de placa bacteriana pode levar à reativação da doença periodontal e assim conduzir ao insucesso do tratamento ortodôntico.

O doente deverá comparecer nas consultas de rotina para se proceder uma minuciosa a avaliação dos tecidos periodontais, o intervalo de tempo entre estas consultas é determinado consoante o risco periodontal apresentado pelo doente.

No nosso estudo, temos uma amostra constituída por 51 pacientes com doença periodontal, seguidos na especialidade de Periodontologia na Clínica Dentária Universitária Egas Moniz. Trata-se de uma amostra por conveniência pois quem se dirige à consulta são pessoas mais idosas que têm uma pensão baixa. Trata-se de uma consulta económica.

De forma a conseguir-se analisar estes dados foi selecionado o método de análise - Anova de Medidas Repetidas - por ser uma metodologia que permite comparar medidas no tempo e por permitir descrever a relação entre a variável resultado e um conjunto de variáveis independentes.

No modelo em estudo, estamos analisar as medidas CAL em e PD primeiramente em função ao tempo, e em seguida incluindo as covariáveis idade e sexo. Nestas medidas ao longo do tempo viu-se que só havia diferenças significativas da primeira consulta para a segunda consulta, isto acontece porque na primeira consulta ainda não tinham começado o tratamento. Na medida CAL da segunda para a terceira, e da terceira para a quarta consulta não houve diferença significativa, o que se conclui que as medidas do CAL se mantiveram não tendo evoluído a doença, mas sim estagnado. E que não houve influência das covariáveis sexo e idade.

Na medida PD os resultados são semelhantes, as diferenças significativas encontradas são também da primeira para a segunda consulta. Ao incluir no estudo as covariáveis sexo e idade concluiu-se que também não houve influência na medida PD.

Bibliografia

- Rees, T. D., & Hallmon, W. W. (s.d.). *Local Anti-Infective Therapy: Mechanical and Physical Approaches. A Systematic Review*. Obtido de <https://aap.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1902/annals.2003.8.1.99>
- Armitage, G. (2003). Diagnosis of periodontal Diseases.
- Borja. (2012). As causas de extração dentária na clínica pedagógica de medicina dentária da faculdade de ciências da universidade de fernando pessoa.
- Botero L, & et al. (2008). Factores del pronóstico en periodoncia, Rev Fac Odontol Univ Antioq.
- Castro, D. (2017). A RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR ENTRE ORTODONTIA E PERIODONTOLOGIA.
- Criado, E. (2013). Consideraciones periodontales del paciente adulto mayor -Parte I, Acta Odontol Venez, 51 (2), pp. 1-16.
- Cunha. (2013). Avaliação da reabilitação protética numa amostra de idosos institucionalizados.
- Echeverría, & et al. (2005). Prevención y control de las enfermedades periodontales In: Echeverría (Ed). Odontologia Preventiva y Comunitaria.
- Field. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. London.
- Gomes, P. (1990). *Curso De Estatística Experimental* (13 ed.).
- Heitz-Mayfield, L., Trombelli, L., Heitz, F., Needleman, I., & Moles, D. (2002). A systematic review of the effect of surgical debridement vs. non-surgical debridement for the treatment of chronic periodontitis. Obtido de <https://doi.org/10.1034/j.1600-051X.29.s3.5.x>
- Hinkle, D., Wiersma, W., & Jurs, S. (2003). *Applied Statistics for the Behavioral Sciences* (5ªed).
- Huck, O., & et. al. (2011). Evaluating periodontal risk for patients at risk of or suffering from atherosclerosis: Recent biological hypotheses and therapeutic consequences.
- Inquérito Nacional de Saúde. (2009).
- Ito, P. K. (1980). *Robustness of ANOVA and MANOVA test procedures. Handbook of Statistics, 1*, 199–236. doi: 10.1016/S0169-7161(80)01009-7.
- Lang, N., & Lindhe, J. (2015). *Clinical Periodontology and Implant Dentistry* (6a Edition).
- Lang, N., & et. al. (1999). Consensus Report: Aggressive Periodontitis.
- Machado, & et al. (2009). Higiene bucal y tabaquismo como factores de riesgo de enfermedad periodontal.
- Machion, & et al. (2000). A influência do sexo e a idade na prevalência de bolsas periodontais.
- Marôco, J. (2018). *Análise Estatística com o SPSS Statistics*.
- Martins, J. S. (2013). *A Relação entre a Doença periodontal e a Diabetes*.
- Newman, M. G., Carranza, F. A., Klokkevold, P. R., & Takei, H. (2015). *Carranza's Clinical Periodontology*.
- Pérez, & Alli. (2014).

- Pérez, & et al. (2014). Propuestas de estrategias y medidas en España y Portugal para la prevención y tratamiento no invasivo de la carie en la clínica dental. RCOE, 19 (1), pp. 23-27.
- Pihlstrom, D. (2005). Periodontal diseases.
- pordata. (2020). Obtido de <https://www.pordata.pt/Portugal/Indicadores+de+envelhecimento-526-3744>
- Quelle. (s.d.). *Nicht-Parametrischer Test: Chi-Quadrat-Test, Shapiro-Wilk-Test, Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Post-Hoc-Test, Vorzeichentest*. Books LLC, Wiki Series, agosto de 2011.
- Royston, J. P. (1982). An Extension of Shapiro and Wilk's W Test for Normality to Large Samples.
- Saúde, I. N. (2009).
- Silva, & Brito. (2010). Cuidados de Saúde Primários em 2011-2016: reforçar, expandir.
- Vogt, W. P. (1999). Dictionary of Statistics and Methodology: A Non-Technical Guide for the Social Sciences (2^o ed).
- Xavier, L., & Dias, C. (2001). Acurácia do modelo univariado para análise de medidas repetidas por simulação multidimensional.